



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ A ČÁSTÍ STROJŮ



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

TECHNIKA POLNÍCH NEMOCNIC
TECHNOLOGY IN FIELD HOSPITALS

AUTOR: Jakub Vlk

STUDIJNÍ PROGRAM: Strojírenství

VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. Jan Kanaval, Ph.D.

PRAHA 2021



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Vlk** Jméno: **Jakub** Osobní číslo: **459988**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav konstruování a částí strojů**
Studijní program: **Strojirenství**
Studijní obor: **Konstruování podporované počítačem**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Technika polní nemocnice

Název bakalářské práce anglicky:

Field Hospital Technology

Pokyny pro vypracování:

V rámci bakalářské práce vypracujte rešerši nezbytného technického vybavení a zařízení polních nemocnic včetně specifikace používaných procesů a technologií nezbytných pro zajištění jejich bezproblémového chodu. Hlavní náplní práce potom bude konstrukční návrh svařované ocelové nádrže na jímání užitkové vody včetně provedení všech nezbytných návrhových a pevnostních výpočtů. Návrh bude zpracován formou 3D modelu a dále bude vytvořen výkres sestavy. V závěru bude provedeno zhodnocení konstrukčního návrhu včetně hrubého odhadu nákladů nutných pro případnou realizaci.

Seznam doporučené literatury:

ŠVEC, V. Části a mechanismy strojů. Spoje a části spojovací. Praha: ČVUT, 2008.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Jan Kanaval, Ph.D., ústav konstruování a částí strojů FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **14.12.2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **20.01.2021**

Platnost zadání bakalářské práce:

Ing. Jan Kanaval, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. František Lopot, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

15.12.2020

Datum převzetí zadání

Podpis studenta



Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně, a to výhradně s použitím pramenů a literatury, uvedených v seznamu citovaných zdrojů.

V Praze dne:

.....

Podpis



Anotace

Práce seznamuje s profesí WATSAN (water-sanitation specialist), která se stará o plynulý chod polních nemocnic. Tato profese je zodpovědná za zajištění dodávky pitné a užitkové vody, zpracování odpadní vody, případně další technologie, se kterými tato profese přijde do kontaktu. Obsahem této práce je nejen popis používaných technologií, se kterými tato profese přijde do kontaktu, ale také vypracování metodických pokynů, které by budoucím uchazečům o tuto profesi mohly být užitečné.

Klíčová slova

Watsan, Polní nemocnice, Lékaři bez hranic, Technické zázemí polních nemocnic.



Annotation

The work describes the issue of technological means associated with water management in several selected standardized hospitals. Furthermore, it introduces the profession of the so-called WATSAN (water-sanitation specialist), which is essentially a profession, which in field hospitals ensures smooth operation not only in dependence on water. I will also describe the means and technologies with which this profession comes into contact. This work should serve as a rough guide to this function.

Keywords

Watsan, Field hospital, Resources and machines in field hospitals, Doctor without borders.



Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Janu Kanavalovi, Ph.D. za odbornou podporu, ochotu, kontrolu a trpělivost. Chci také poděkovat organizaci Lékaři bez hranic, jejichž činnost nejen pomáhá lidem v tísni, ale také byla inspirací pro vznik této práce. Děkuji rodině a Nikole Podlipné za podporu, která se promítla při tvorbě této práce.



OBSAH

OBSAH	VII
1. ÚVOD	1
2. CÍLE PRÁCE	1
3. Společnost MSF	2
3.1. Profese watsan	2
3.2. Působnost MSF	2
4. TYPIZOVANÉ NEMOCNICE	3
4.1. Přírodní katastrofa	3
4.2. Epidemické polní nemocnice	4
4.3. Polní nemocnice pro válečný konflikt	5
4.4. Uprchlíká nemocnice v Bangladéši	6
5. ZPŮSOBY DODÁVKY VODY	7
5.1. Hledání podzemní vody	7
5.2. Dodávka filtrované vody z řek	7
5.3. Zachycení srážkové vody	8
5.4. Dodávka srážkové vody do stanového městečka polní nemocnice	8
6. TECHNIKA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ	9
6.1. Filtry v přívodu	9
Svodový okapový filtr	9
Samočistící filtr	10
Membránová filtrace	10
UV lampa	11
Chlorace vody	11
Kořenová čistička	11
Pískový filtr	12
6.2. Akumulační nádrže	13
Výpočet dostupného množství vody	14
Výpočet akumulačního objemu nádrže	16
6.3. Vodárny a jejich příslušenství	17
Ponorné čerpadlo	17
Ponorné čerpadlo do vrtu:	18
Typické závady čerpadel a jejich oprava:	19
Vodní trkač	21
Glockmannova pumpa	23



Ruční stojanová pumpa:.....	24
7. Kvalita vody	24
7.1. Způsoby znečištění:.....	25
Splach	25
Výluh	25
Kontaminace ovzduším	26
7.2. Nežádoucí látky v pitné vodě a jejich dopady na zdraví	26
Hořčík a Vápník (tvrdost vody).....	26
Železo a mangan	27
Dusičnany a dusitany	27
Koliformní bakterie	28
Arsen ve vodě:.....	28
Sirovodík:.....	28
Konduktivita (vodivost).....	28
8. Návrh nádoby na jímání dešťové vody.....	29
8.1. OSNOVA VÝPOČTU SILA NA JÍMÁNÍ VODY.....	30
8.2. VÝPOČET :.....	31
1. Tenkostěnná nádoba.....	31
2. Síly působící v sestavě	34
3. Vyztužení	35
4. Napětí na stojině:	38
5. Svary	40
6. Vzpěr	41
7. Předpětí na šroubech	42
8. Kontrola šroubu a matice podle hypotézy HMM:.....	46
9. MPK MODELOVÝ VÝPOČET V PROGRAMU ABAQUS.....	47
9.1. Preprocessing	47
Návrh materiálu	50
Umístění sil.....	51
Step:	51
Interaction:.....	51
Mesh:	53
Vlastnosti elementů:	53
9.2. Postprocessing:.....	54
Vizualizace simulace:.....	54
Detaily kritických míst:	55



9.3.	Závěr MKP:	56
10.	ROZPOČETNICTVÍ:	56
10.1.	Rozpočet pro čerpání vody z vodních zdrojů:	56
10.2.	Rozpočet pro stáčení srážkové vody	57
10.3.	Rozpočet pro stáčení srážkové vody do sila	57
11.	Závěr	58
12.	Symboly	60
13.	Seznam použitých informačních zdrojů:	64
14.	Seznam použitých obrázkových zdrojů	67
15.	Seznam tabulek	69
16.	Seznam obrázků	69
17.	Seznam příloh	70



1. ÚVOD

Při tvorbě této práce bylo využito poznatků z mnoha oborů fakulty strojní, neboť téma je svým rozsahem široké. Témata se opírají o zdravotnické organizace, např. Červený kříž, Světová zdravotnická organizace, a především **Lékaři bez hranic**. Tato nezisková organizace je schopna skrz svou rozsáhlou síť poboček rozmístěných po celém světě vyslat velmi pohotově tým specialistů společně s potřebným materiálem do postižené oblasti. Materiál rozvrhne podle základních informací, tedy podle typu katastrofy a jejího rozsahu. Podle toho se také do dané lokality pošlou i profese, mezi které většinou patří právě WATSANI a dále také stavební inženýři, techničtí specialisté a logisticy, kteří připraví prostředí vhodné pro hospitalizaci. Až poté dorazí personál chirurgů, anesteziologů, psychologů, sester a dalších.

Po dopravení do dané lokality je nutné rozlišit, do jaké míry se dá improvizovat s místem, kde je nutné polní nemocnici vybudovat a případně požádat o zaslání dalších zásob.

V této práci je uvedeno několik typizovaných nemocnic, které jsou svou konstrukcí přizpůsobeny právě pro jednotlivé druhy katastrof. Ať už se jedná o nouzový stav způsobený epidemií, válečným konfliktem, přírodní katastrofou či uprchlické tábory. Tyto příklady podtrhuje společný jmenovatel, a to je nedostatek vody.

2. CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem této bakalářské práce je

1) Návrh možného řešení nedostatku vody s ohledem na co nejnižší finanční náklady v improvizovaných polních podmínkách, kdy by watsan použil silo jako uložistiště vody. Toto silo bude pevnostně ověřeno a následně navrženo do vhodného provozu.

Vedlejší cíle

- 1) Provést porovnání typizovaných nemocnic vzhledem k množství vody v závislosti na lokalitě.
- 2) Vysvětlit základní principy hospodaření se srážkovou vodou.
- 3) Seznámit s profesí watsan.



3. Společnost MSF

3.1. Profese watsan

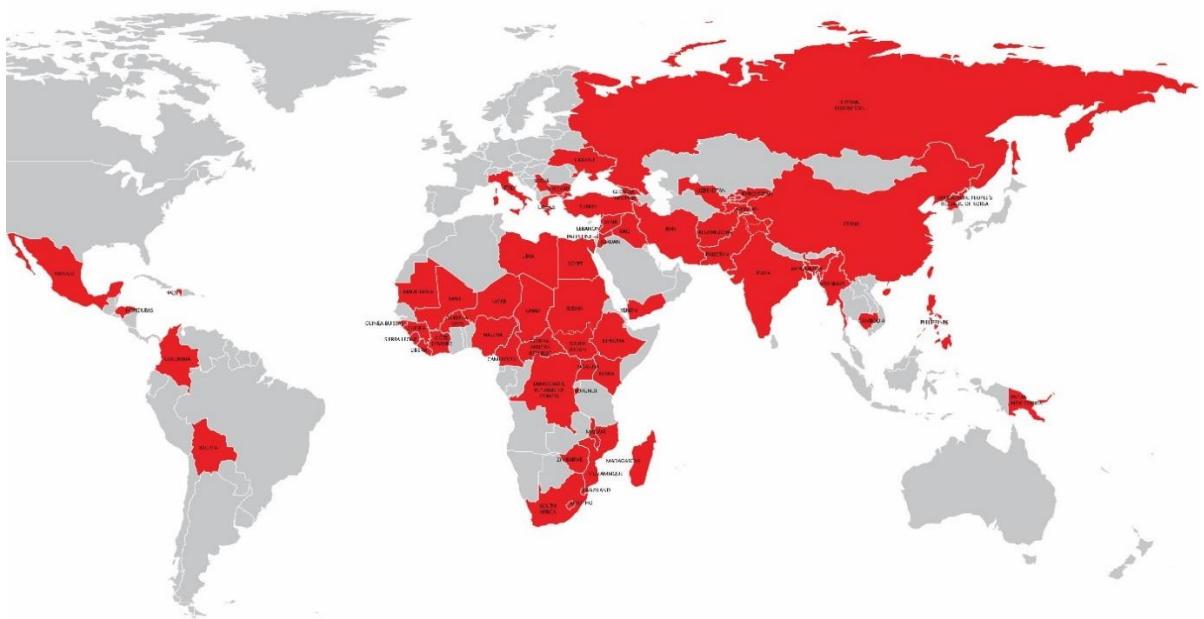
Zkratka dvou slov „water sanitation“ je profese, která zodpovídá v polních nemocnicích za dodávku pitné a užitkové vody a též za úpravu a odvod odpadní vody.



Obrázek 1_Watsan [1*]

Tuto profesi nalezneme u společnosti MSF-Medicins sans frontieres sídlící v Ženevě. Nezisková dceřiná společnost Lékařů bez hranic „Doctor without borders“.

3.2. Působnost MSF



Obrázek 2_Působení organizace Lékaři bez hranic [2*]



4. TYPIZOVANÉ NEMOCNICE

4.1. Přírodní katastrofa

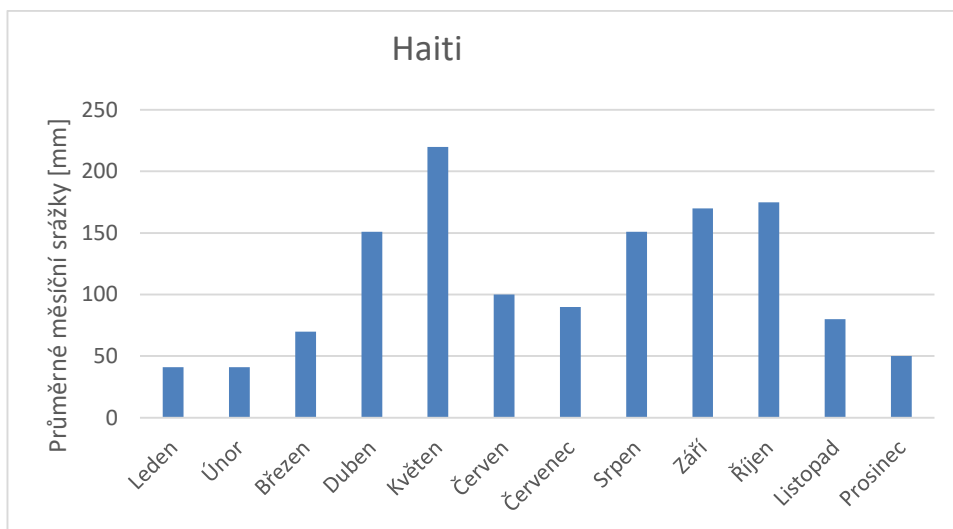
Jako příklad uveďme Haiti, které bylo v roce 2010 postiženo zemětřesením o síle 7.0 Richterovi stupnice. MSF vyslalo týmy specialistů s cílem stabilizovat oblast postiženou nemocí cholery a zaučit místní obyvatele trvalé soběstačnosti.



Obrázek 3_Centrum cholery [3*]

Zásadní rolí v obraně proti choleře je chlór. Ten se zde ve formě postřiku používá jako dezinfekce v kombinaci s užitkovou vodou. Spotřebuje se zde velké množství vody na kompletní očistu. Cholera je doprovázena silnými průjmy, lidé umírají na dehydrataci organismu až o 20 litrů, takže velkou roli zde hraje dostatek kvalitní pitné vody. Tato ztráta se logicky musí přičíst ke spotřebě pitné vody člověka v horkém prostředí.

Nutno zamezit splachu odpadní vody do čerpané pitné vody. Minimální vzdálenost odtoku odpadních vod od studny je minimálně 40 m. [1]

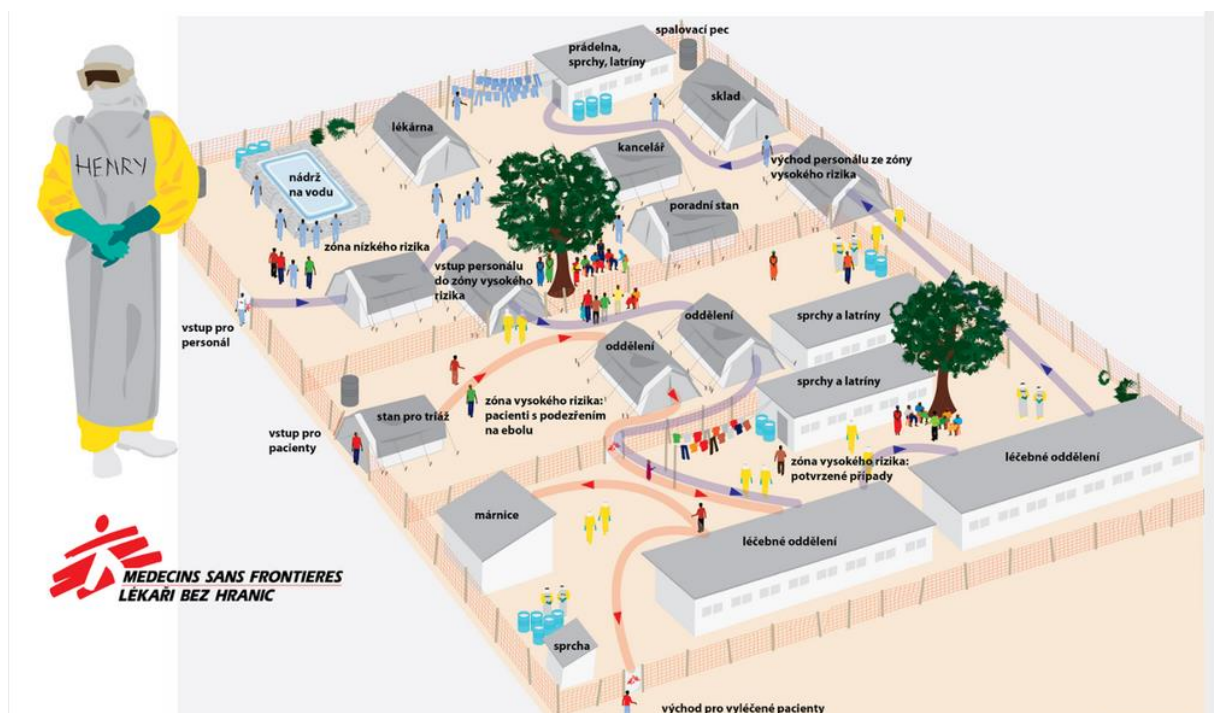


Obrázek 4_ Průměrné srážky Haiti [4*]

4.2. Epidemické polní nemocnice

V roce 2017 MSF vyslalo tým proti Ebolě do Demokratické republiky Kongo.

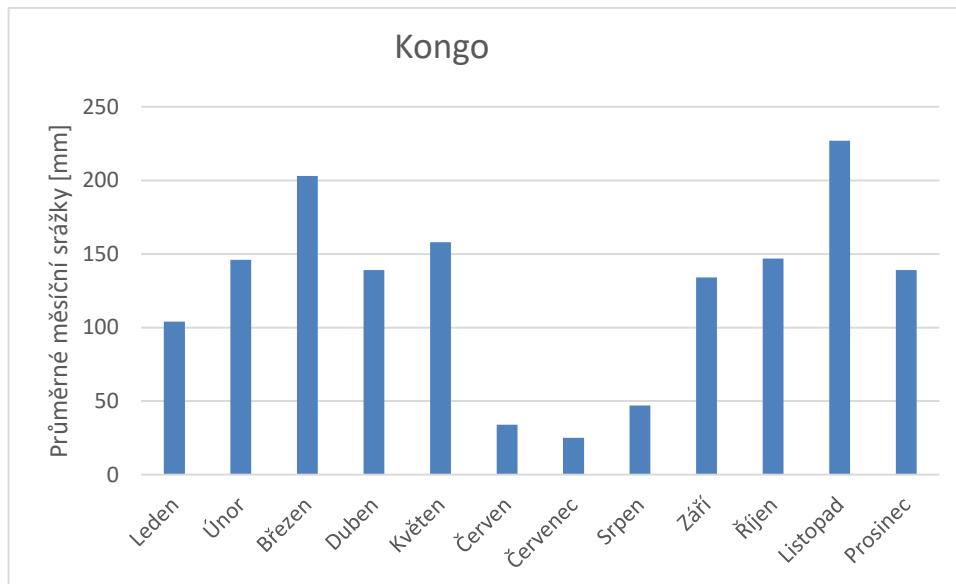
Dodržováním přísné hygieny lze dosáhnout obrany. Dále je nutné dostatečně pít a posilovat imunitu vitamíny tak, aby se tělo s virem vypořádalo. V táboře je nezbytné přísné dodržování hygienických návyků a pravidel.



Obrázek 5_Centrum epidemické polní nemocnice Kongo [3*]

Tábor je schopen pojmout 30 pacientů, stará se o ně 20 MSF pracovníků.

Primárně ve středoafričských zemích je největší potíž s filtrací vody, nikoliv s množstvím. [2]

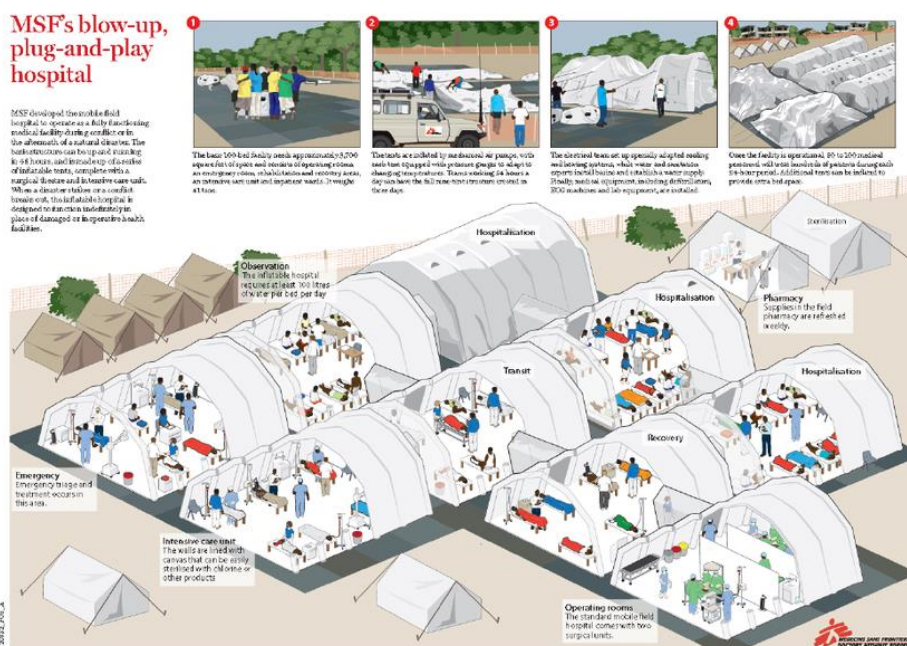


Obrázek 6_Průměrné dešťové srážky Kongo [5*]

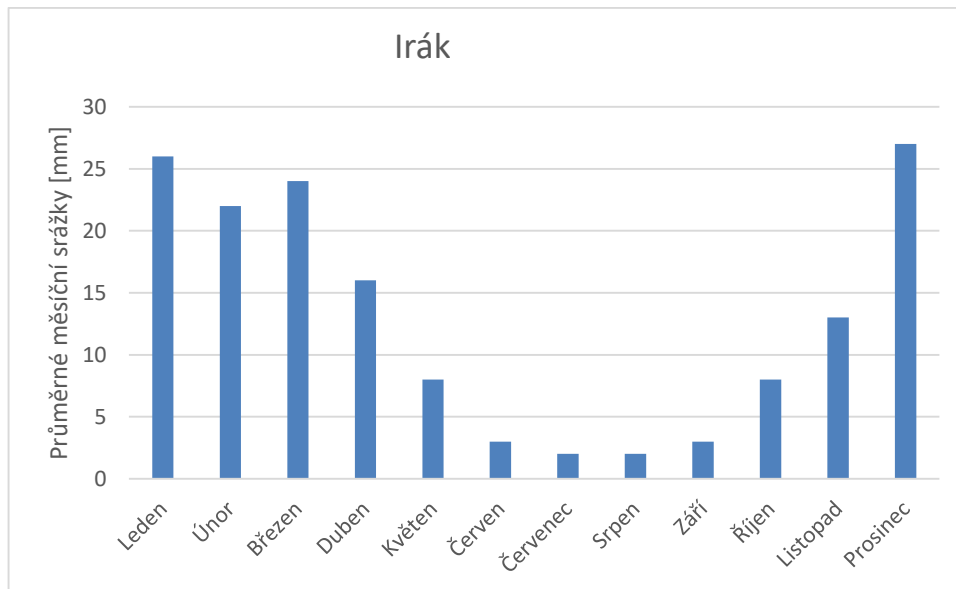
4.3. Polní nemocnice pro válečný konflikt

U polních nemocnic je nutná jejich flexibilita. Možnost rychlého přesunu. Aby si pracovníci MSF zachovali nezávislost, poskytují první pomoc mnohdy oběma stranám válečného konfliktu.

Je zde uvedena příkladná nemocnice v Iráku. Irák je momentálně zemí zpustošenou válkou. Je svírán mezi řekami Eufrat a Tigris, což jsou jejich hlavní zdroje vody.



Obrázek 7_Polní nemocnice [3*]

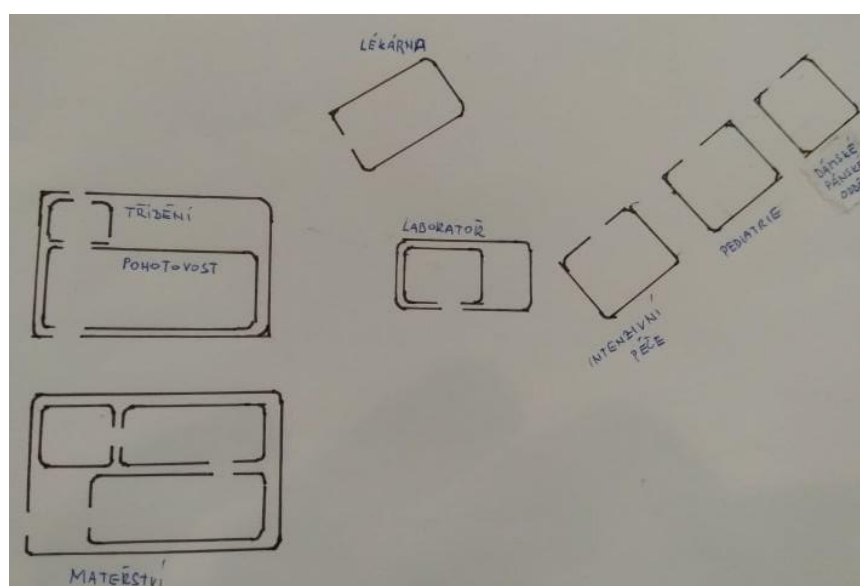


Obrázek 8_Průměrné srážky Irák [6*]

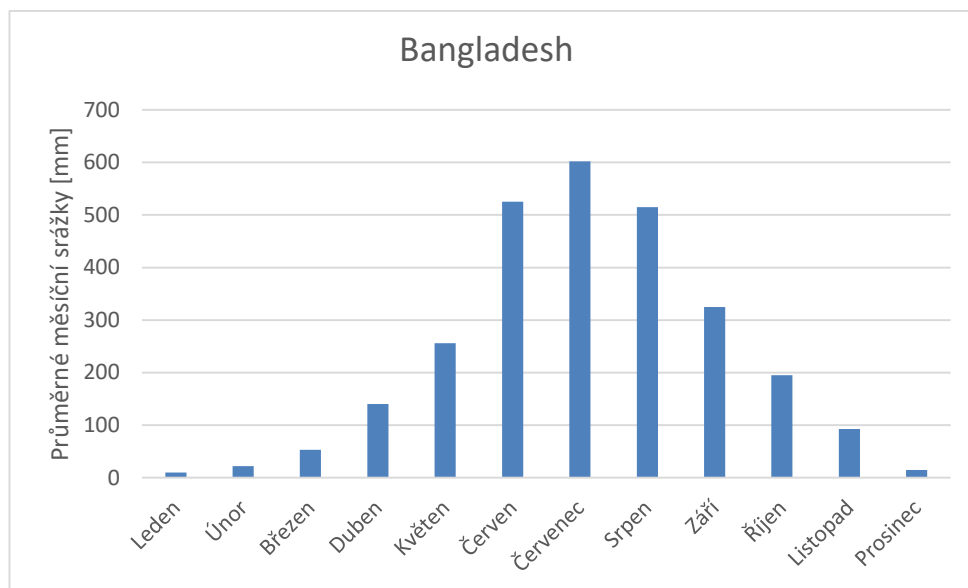
4.4. Uprchlíká nemocnice v Bangladéši

V období dešťů je nedostatečná dodávka vody do táborů z důvodu rozvodněných cest. Počet uprchlíků zde přesahuje 1,5 milionu.

Řeky z hor jsou často bohaté na arsenik. Tento toxický prvek se rozvodem řek dostává i do spodních vod a způsobuje vážná zdravotní rizika, která si místní obyvatelé neuvědomují. Je poměrně obtížné najít čistou pitnou vodu. Paradoxně je nejméně kvalitní vody v období dešťů, jelikož skrz rozvodněné cesty není způsob, jak vodu dovážet, takže stále více se hledá potenciál v dešťové vodě. Její svod by mohl zajistit určité množství. Zvláště v této zemi, kde je za rok velké množství srážek. [4]



Obrázek 9_Nemocnice uprchlický tábor Bangladéš [autor]



Obrázek 10_Průměrné srážky Bangladěš [7*]

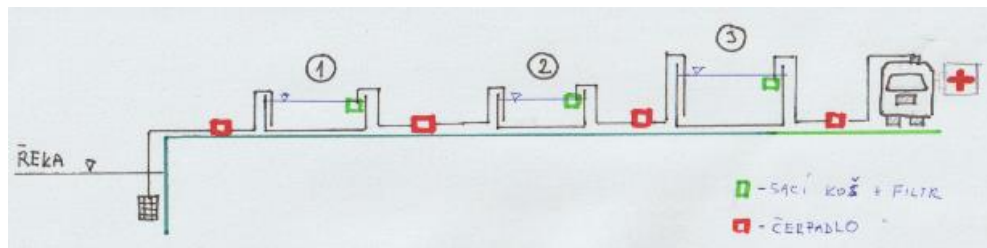
5. ZPŮSOBY DODÁVKY VODY

5.1. Hledání podzemní vody

Pravděpodobnost výskytu podzemní vody lze odvodit ze zvýšeného množství travin nebo změny na zelenější barvu porostů. Z vyvýšených míst stéká voda do sedel. Lze použít přístroje typu (WADI) nebo levnější variantou je použití virgule (proutků), jejichž funkčnost je však pochybná. Virgule neboli proutky (či drátky) v rukou zkušeného proutkaře reagují na gradient geofyzikálních anomálií. Vyhodnotí hrany výkopů, skalních puklin, anebo horninových žil, ve kterých se obvykle vyskytuje voda. [5]

5.2. Dodávka filtrované vody z řek

Skrz sací koš s hrubým sítem lze čerpat vodu přímo z řeky do *nádrže 1* (bazénku 1). Následující filtr slouží k odstranění mechanických nečistot. Hadice z řeky je do nádrže vsazena tak, aby proud vody vtékající do nádrže obepínal obvod nádrže a byl vsazen co nejhluběji. To má za následek vytvoření víru, který drží usazeniny na dně a uprostřed. Sání z *nádrže 1* je naopak umístěno na hladině, abychom pomocí přepadového efektu sbírali filtrovanou vodu. Tento proces opakujeme v nádrži číslo 2 a 3. V *nádrži 2* přidáváme navíc syřidlo (síran hlinitý), prachové částice a hlína vytvoří hrudky a usadí se na dně. V *nádrži 3* přidáváme chlór (kapka/5 van) a necháme řádně chlór rozptýlit. Poté lze odčerpat pitnou vodu do cisterny a dovést ji do potřebných nemocnic a krizových center. [6]

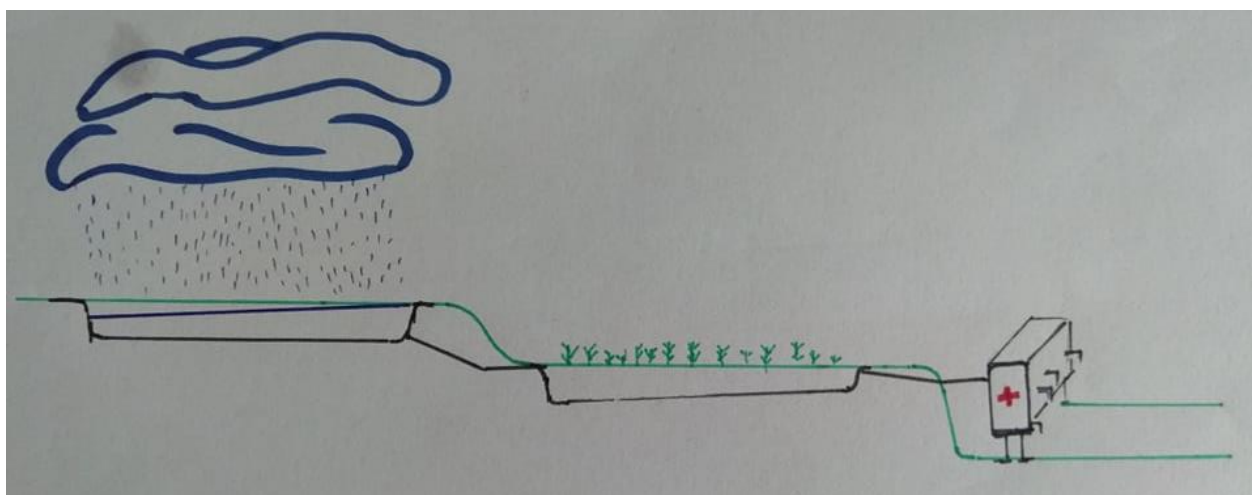


Obrázek 11_Schéma čističky vody [autor]

5.3. Zachycení srážkové vody

U nemocnice pro 140 osob musíme počítat s průměrnou spotřebou 12000 l/den, což činí 80 l/den/os.

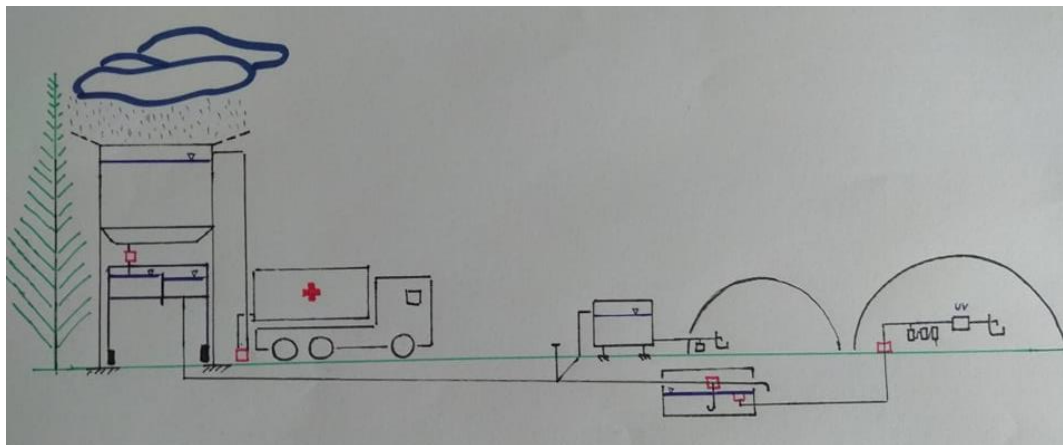
Nízko rozpočtový způsob stáčení vody. Srážková voda je zachycována v uměle vytvořeném bazénu, jehož dno je tvořeno nepropustnou plachtou. Dále skrz svody je vedena do kořenové nebo pískové čističky a poté do nádrže, kde je nutné vodu alespoň dezinfikovat chlórem. Toto je opravdu nízko-rozpočtové řešení, které lze vytvořit v nehostinných a nedostupných podmínkách.



Obrázek 12_Schéma čerpání srážkové vody s kořenovou filtrací [autor]

5.4. Dodávka srážkové vody do stanového městečka polní nemocnice

Schéma je odvozeno ze zadání pro válečné prostředí. Zásobárna vody je uložena daleko od tábora. Je schopna doplňovat vodu jak přívozem z cisterny, tak překlenout období sucha akumulovanou vodou srážkovou. Rozvody vody jsou vytvořeny tak, aby v případě výpadku elektrického generátoru byly nezávislé na čerpadle. V takovém případě lze ventilem přepnout na potrubí s výškovým rozdílem. Při přepnutí je nutné dbát na nepřilíš dlouhé skladování vody v potrubí v druhé větvi, kvůli možné tvorbě bakterie Legionelly.



Obrázek 13_Schéma dodávky vody polní nemocnice [autor]

Princip:

Z naplněné nádrže protéká voda skrz hrubé filtry do skladovací nádrže tak, aby v kruhové nádrži voda cirkulovala a usazeniny se držely uprostřed a na dně. Poté se přepadem dostane do pískového filtru, kde je zbavena zbytku hrubých nečistot, odkud je čerpána do akumulací nádrže. V akumulací nádrži usazené v zemi (ochrana ve válečném prostředí) se nachází samočistící filtr. Potrubí je vedeno ke dnu, aby voda byla klidná. Odtud je z hladinového sacího koše čerpána do přízemí stanového města. Je však nutné protlačit vodu skrz membránovou filtraci nejlépe reverzní osmózou a následně dezinfikovat nejlépe UV lampou a filtrem z aktivního uhlí. V této větvi je také za čerpadlem umístěna zpětná klapka jako ochrana čerpadla vůči zpětnému vzednutí. Zdravotnictví je specifické v nutnosti vysoké kvality vody. Toho lze dosáhnout výše uvedeným způsobem.

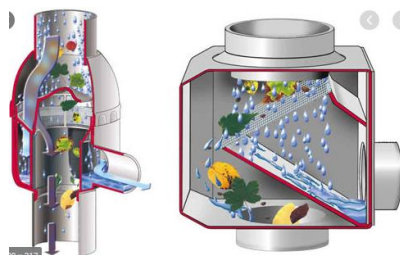
V případě krizového stavu, například výpadku elektřiny, lze přepnout na větev vody tlačenu výškovým rozdílem hladin. Zde nelze použít membránovou filtraci reverzní osmózy z důvodu nedostatku tlaku (min. 10 barů). Lze tedy alespoň použít mikrofiltraci s následnou dezinfekcí chlornanu sodného či vápenatého chlordioxidu.

6. TECHNIKA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ

6.1. Filtry v přívodu

Svodový okapový filtr

„Svodový okapový filtr se nasazuje na okapový svod. Okapové filtry jsou určeny k odfiltrování hrubších nečistot jako je listí, klacíky, plody ovoce, mech apod. jemné části jako prach, písek apod. se sice z části mohou na filtru zachytit, ale z části propadnou a budou sedimentovat na dně nádrže. Filtry jsou samočistící a není tedy potřeba jejich kontrola a údržba. Nečistoty jsou odplavovány zbytkovou vodou do kanalizace.“ [7]



Obrázek 14_Svodový okapový filtr [8*]

Samočistící filtr

„Samočistící filtry fungují na principu válce nebo desky z filtračního materiálu, skrz které protéká znečištěná voda. Výťažnost přefiltrované vody je v tomto případě cca 95 % podle typu filtrační vložky. Samočistící filtr v interním provedení je tvořen plastovým tělem se dvěma nátoky, odtokem do jímky a odtokem do kanalizace. Filtrační jednotku tvoří třívrstvá vložka s oky 0,35 mm. Na mírně zaoblenou hranu natéká znečištěná voda, čistá voda proteče skrz filtrační plochu do nádrže a nečistoty jsou se zbytkovou vodou odplaveny do kanalizace.“ [8]



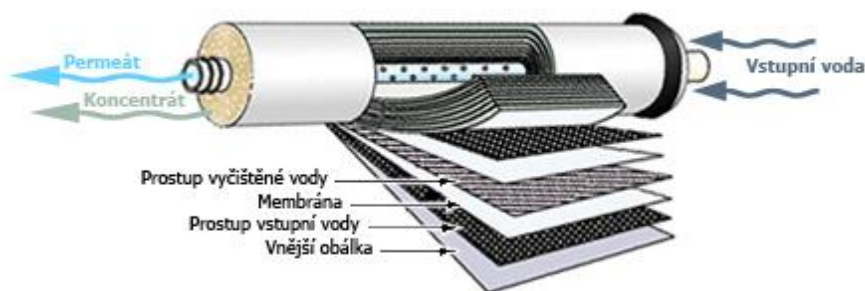
Obrázek 15_Samočistící filtr [9*]

Membránová filtrace

„Membránové systémy umožňují fyzikální dezinfekci vody na základě síťové filtrace organismů, které jsou větší, než je velikost pórů membrán. Je to možná dezinfekce bez použití chemických činidel. Určení velikosti pórů a jejich rozložení na povrchu membrány je důležitým faktorem pro účinnost odstranění mikroorganismů. Ultrafiltrace, pohybující se ve filtračním rozmezí (0,1 – 0,01) μm , zadržuje viry, které obvykle mají velikost (10–100) nm. Bakterie s průměrnou velikostí (1–10) μm jsou na membráně také bez problému zadrženy. Mikrofiltrace s velikostí pórů (0,2 – 1) μm je schopna zachytit malé bakterie jako je Pseudomonas diminuta, viry ale propouští. Transmembránový tlak, který je hnací silou v Ultrafiltraci a Mikrofiltraci, se pohybuje v rozmezí (-0,5 bar až 3,5) bar. Negativní tlak (podtlak nebo vakuum) je aplikován v ponorných systémech, ve kterých jsou membrány ponořeny v nádrži s vodou a čerpadlo vytvářející podtlak je umístěno na straně permeátu. Na rozdíl od konvenčních procesů nevyžadují Mikrofiltrace a Ultrafiltrace pro požadovanou úroveň odstranění nákladné fyzikálně-chemické předčištění (koagulace, sedimentace aj.). Velkou výhodou těchto procesů je rovněž uniformní velikost pórů membrán, díky čemuž je dosaženo téměř absolutního odstranění kontaminantů. Téměř výhradně jsou v MF a UF procesech pro úpravu



pitné vody použity membrány s dutými vlákny, které jsou vhodné díky velkému poměru plochy membrán k jejich objemu a schopnosti filtrace v obou směrech. Membránová filtrace umožňuje zpětný proplach vodou, vzduchem, či kombinací obou. K odstranění nánosů, které nejsou vymyty během zpětného proplachu vzduchem či vodou se v pravidelných intervalech provádí chemické čištění slabou kyselinou či louhem. Výťažnost membránové filtrace se pak i se započítáním spotřeby části filtrátu na zpětný proplach a chemické čištění pohybuje mezi (95–99) %.“ [9]



Obrázek 16_Membránová filtrace [10*]

UV lampa

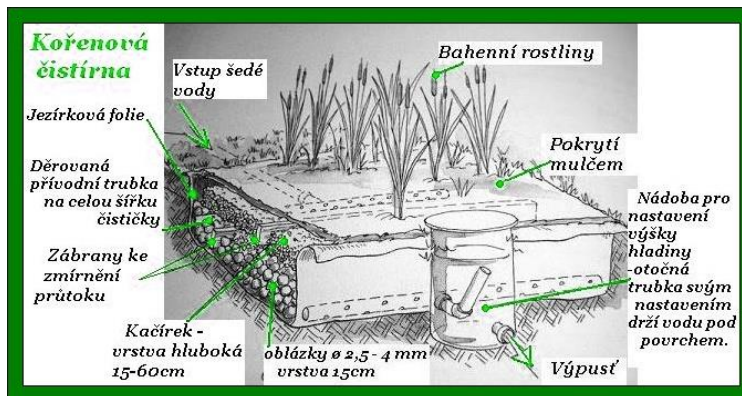
„Voda je čerpána skrz komoru UV lampy. Uvnitř komory je voda vystavena záření UV-C s vlnovou délkou 253,7 nm, které vydává speciální lampa. Toto zařízení zabíjí bakterie, viry a ostatní jednoduché organismy a zabraňuje jejich množení. V důsledku délky jednotky je voda vystavena větší dávce záření po zvláště dlouhou dobu. Při úpravě vody za pomoci UV lampy je třeba správně nastavit pH vody na 7,2.“ [10]

Chlorace vody

„Limit volného chloru v pitné vodě je 0,3mg/l, nicméně i při této hodnotě může působit velice nepříjemně, zejména štiplavým zápachem, ale také podrážděním pokožky. Zvýšené hodnoty chloru ve vodě nejsou vhodné pro zdraví člověka, zejména pití vysoce chlorované vody, sprchování, ale i jeho vdechování např. při sprchování. Chlor je možné odfiltrovat centrálně automatickou úpravnou vody s kvalitním aktivním uhlíkem, která se instaluje na přívodní potrubí. Při chloraci je nutné dodržet dobu zdržení (využití akumulární nádrže, reakční nádoby nebo pískového filtru).“ [11]

Kořenová čistička

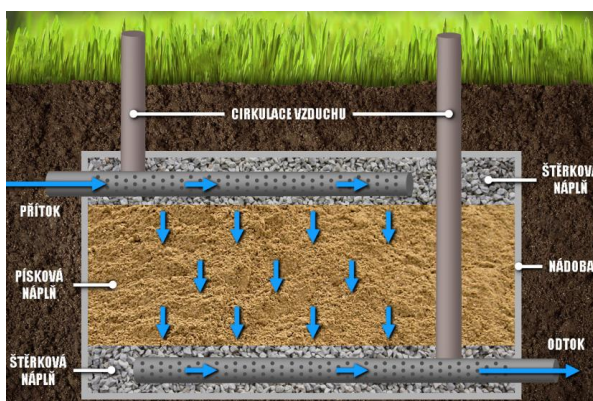
„Kořenové (vegetační) čističky vod fungují na stejných principech jako přirozené mokřady, kde probíhají samočisticí procesy. Základním principem kořenové čističky je průtok předčištěné vody kořenovým filtrem. Kořenový filtr je naplněn jemnými kamínky, na jejichž povrchu sídlí bakterie, které zajišťují čisticí proces. Rostliny vysázené na kořenovém filtru mají doplňkovou funkci, částečně odsávají živiny, dodávají kyslík, na jejich kořenech sídlí bakterie a v zimě působí jako tepelná izolace.“ [12]



Obrázek 17_Kořenová čistírka [11*]

Pískový filtr

„Zemní pískový filtr je řešen jako samonosný. Pískový filtr se osazuje do vyhloubené jámy na připravenou železobetonovou základovou desku. Po usazení filtru připojíme vtokové a výtokové potrubí. Pískový filtr se zvenčí obsypává zeminou a současně plní náplní (štěrk, písek, štěrk). Současně proto, aby nedošlo k deformaci stěn. Po dokončení obsypu se filtr zakryje geotextílií a zasype požadovanou vrstvou zeminy, která se zatravní. Celá plocha nad zemním filtrem je pochozí. Geotextílii také vkládáme mezi vrstvy náplně, aby nedocházelo k mísení jednotlivých složek.“ [13]



Obrázek 18_Pískový filtr [12*]

Počet obyvatel	Výška	Šířka	Délka
3-5	120 cm	120 cm	300 cm
5-7	120 cm	120 cm	350 cm
7-9	120 cm	120 cm	400 cm
9-15	120 cm	150 cm	600 cm

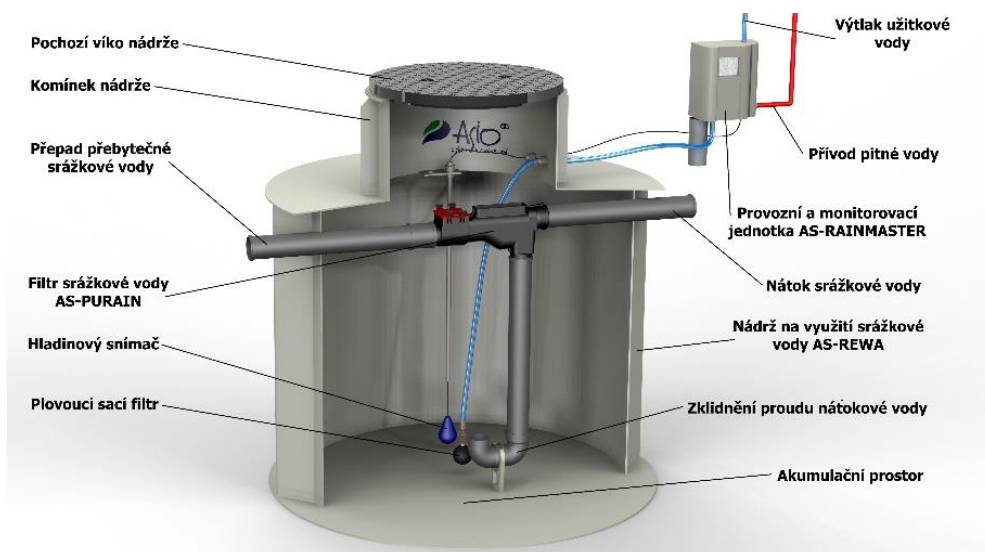
Tabulka 1_Rozměry pískové vrstvy [12*]



6.2. Akumulační nádrže

Akumulační nádrže je možné rozdělit podle umístění a materiálu.

- Vnitřní
- Venkovní
- Nadzemní
- Podzemní
- Betonové
- Plastové (svařované, lité)



Obrázek 19_Akumulační nádrž [13*]

Je nutná hadice s plovákem a sacím košem. Hadice musí být odolná vůči studené vodě, kdyby byla na pevně, tak při pohybu hladiny popraská. Umístění je buď v místnosti, ale nedoporučuje se kvůli kolísání teplot. Nejlepší je řešení, kdy betonová nádrž umístěná v zemi jednak šetří místo a je také odolná vůči podzemní vodě. Případně je nutné přidat ochranu na statické zatížení dvouplášťovou nebo betonovou ochranu. V případě jednoduchého umístění do terénu lze vybrat svařovanou nádrž nebo vyráběnou rotačním litím. Filtrováním dešťové vody pomocí různých filtrů dochází k odstranění nečistot a v nich přebývajících bakterií. Dešťový odtok je zaústěn do nádrže či cisterny. K udržení hygieny zachycené vody také pochopitelně přispívá, pokud je zachycovaná dešťová voda uskladněna na chladném místě a není vystavena přímému slunečnímu záření. Nádrže na povrchu terénu jsou většinou levnější, jsou však vystaveny vlivu kolísání teplot, světla a případnému znečištění. Z těchto důvodů se doporučují především u nových nebo rekonstruovaných objektů cisterny umístěné v zemi. Umístění nádrží ve sklepech se nedoporučuje díky vlivu vyšší teploty a eventuálně světla. Pokud se voda ve sklepě skladuje, nemá teplota sklepního prostoru přesáhnout 18 °C, aby nevzniklo nebezpečí rozvoje mikroorganismů. Pro vodu v cisternách platí zásada, pokud možno nejméně světla a nejnižší možná teplota. Také se doporučuje z hygienických důvodů neskladovat vodu v akumulační nádrži příliš dlouho. [14]



Výpočet dostupného množství vody

Vlastnosti materiálů střech:

tvar střechy	střešní krytina	koefficient odtoku střechy	vlastnosti z hlediska znečištění
plochá	asfalt s násypem křemíku	0,6	velmi vhodná
	plast	0,7	velmi vhodná
	pozinkovaný plech	0,7	vhodná
	ozelenění	0,2	méně vhodná
šikmá	pálené tašky	0,75	velmi vhodná
	betonové tašky	0,75	velmi vhodná
	břidlice	0,75	velmi vhodná
	šindel	0,6	velmi vhodná
	pozinkovaný plech	0,8	vhodná
	plast	0,8	velmi vhodná
	ozelenění	0,25	méně vhodná
	osinkocement	-	nevhodná

Tabulka 2_Materiály střech [14*]

Měsíce	Průměrné měsíční dešťové srážky [mm]			
	Haity	Kongo	Irák	Bangladesh
Leden	41	104	26	10
Únor	41	146	22	22
Březen	70	203	24	53
Duben	151	139	16	140
Květen	220	158	8	256
Červen	100	34	3	525
Červenec	90	25	2	602
Srpen	151	47	2	515
Září	170	134	3	325
Říjen	175	147	8	195
Listopad	80	227	13	93
Prosinec	50	139	27	15

Tabulka 4_Měsíční dešťové srážky [autor]

Průměrné roční srážky [mm]			
Haity=h1	Kongo=h2	Irák=h3	Bangladesh=h4
1400	668	155	9500

Tabulka 3_Průměrné roční srážky [autor]



Výpočet proveden dle webináře o Úpravě dešťové vody Asio, zdroj [15] „33. minuta“.

Plocha půdorysu sila (a_1 - rozměr sila čtvercového)

$$S_1 = a_1^2 \quad (1)$$

$$S_1 = 3,5^2 = 12,25 \quad [m^2]$$

Plocha půdorysu bazénku (a_2 - rozměr bazénku čtvercového)

$$S_2 = a_2^2 \quad (2)$$

$$S_2 = 30^2 = 900 \quad [m^2]$$

$$\Psi = 0,7 \quad [-]$$

$$\eta = 0,9$$

Výpočet stoku sila pro jednotlivé země a počet osob, pro které by množství vody stačilo:

$$Q_{ds1} = \frac{S_1 \cdot \Psi \cdot h_1 \cdot \eta}{1000} \quad (3)$$

$$Q_{ds1} = \frac{12,25 \cdot 0,7 \cdot 1400 \cdot 0,9}{1000} = 10,8 \quad [m^3 / rok]$$

	Nemocnice	m3/rok	l/rok	počet osob
Qds1	Haity	10,8045	10804,5	6
Qds2	Kongo	5,15529	5155,29	3
Qds3	Irák	1,196213	1196,213	1
Qds4	Bangladesh	73,31625	73316,25	41

Tabulka 5_ Výpočet stoku sila pro jednotlivé země [autor]

Výpočet stoku bazénku pro jednotlivé země:

$$Q_{db1} = \frac{S_2 \cdot \Psi \cdot h_1 \cdot \eta}{1000} \quad (4)$$

$$Q_{db1} = \frac{900 \cdot 0,7 \cdot 1400 \cdot 0,9}{1000} = 793,8 \quad [m^3 / rok]$$

	Nemocnice	m3/rok	l/rok	počet osob
Qdb1	Haity	793,8	793800	440
Qdb2	Kongo	378,756	378756	210
Qdb3	Irák	87,885	87885	49
Qdb4	Bangladesh	5386,5	5386500	2984

Tabulka 6_ Výpočet stoku bazénku pro jednotlivé země [autor]



Výpočet akumulčního objemu nádrže

$$V_a = Q_a \cdot \frac{p}{a} \quad (5)$$

$$V_a = 10,8045 \cdot \frac{21}{365} = 0,621 \doteq 0,7 \text{ [m}^3\text{]}$$

Analogicky pro ostatní nemocnice:

Nemocnice	V_a [m ³]
Haity	0,7
Kongo	0,3
Irák	0,1
Bangladesh	4,3

Tabulka 7_ Objem akumulční nádrže pro silo [autor]

Akumulční nádrž pro bazénové stáčení:

Nemocnice	V_a [m ³]
Haity	46
Kongo	22
Irák	6
Bangladesh	310

Tabulka 8_ Objem akumulční nádrže pro bazénové stáčení [autor]



6.3. Vodárny a jejich příslušenství

Obecný návrh čerpadla proveden dle [16], „Výběr čerpadla str. 35“.

Ponorné čerpadlo

Čerpadla jsou nejčastěji tvořeny následujícími hydrogenerátory:

- Zubové
- Pístové
- Vřetenové
- Lamelové

Stanovení dopravní výšky čerpadla:

$$H_{\zeta} = \frac{1000 \cdot \Delta p_{RF12}}{\rho \cdot g} \quad (6)$$

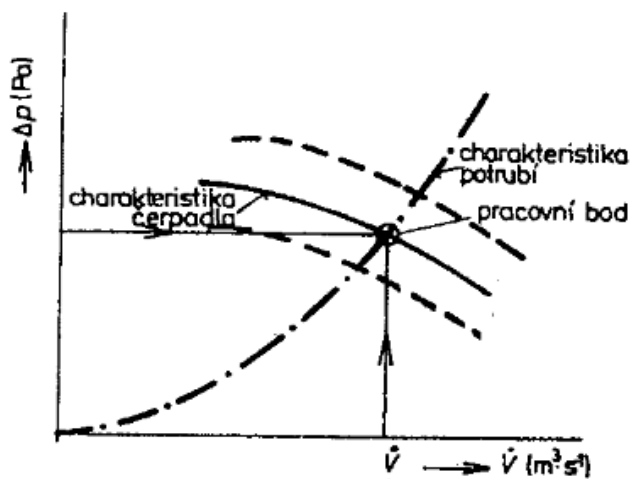
Tlakové ztráty v potrubí:

$$\Delta p_{RF1} = \sum_{j=1}^n (l_j \cdot R_j + \Delta p_{Fj}) \quad (7)$$

Tlakové ztráty vlivem místních odporů:

$$\Delta p_{RF2} = \sum_{i=1}^m \left(\xi_i \cdot \frac{v_i^2}{2000} \cdot \rho_i \right) \quad (8)$$

Vhodné čerpadlo je možné určit dle společné charakteristiky čerpadla a potrubní sítě. Ze společného pracovního bodu lze odvodit parametry čerpadla, které hledáme.



Obrázek 21_Znázornění závislosti tlaku na průtoku ponorného čerpadla [15*]

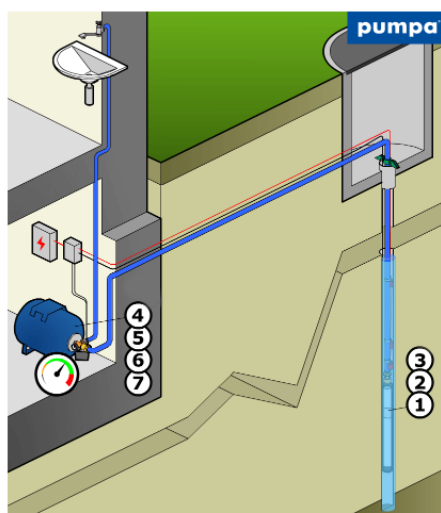


Nebo výpočtem výkonu:

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot \dot{V} \cdot H}{\eta} = \frac{\Delta p \cdot \dot{V}}{\eta} \quad (9)$$

Ponorné čerpadlo do vrtu:

„Pro čerpání vody z vrtu použijeme ponorné čerpadlo určené do vrtu (1), které v kompletu s ochranou před „suchoběhem“ (3), zpětným ventilem (2), tlakovou nádobou (7) s manometrem (5) a tlakovým spínačem (6) nainstalovaným na tzv. pěticečné armatuře (4), tvoří domácí vodárnu. Při poklesu tlaku v soustavě (např. otevřením kohoutu) pod nastavený zapínací tlak tlakový spínač automaticky sepne čerpadlo a vypne jej při dosažení nastaveného vypínacího tlaku. Při nedostatku vody ve vrtu a v případě, že máme nainstalovanou ochranu před „suchoběhem“, spínací zařízení čerpadlo vypne a ochrání jej před poškozením. Spínací zařízení ochrany před „suchoběhem“ potom čerpadlo nedovolí sepnout dříve, než je dosaženo dostatečného množství vody ve vrtu. Pro bezproblémovou funkci systému je vždy nutné dodržet správné nastavení tlaku vzduchu v expanzní nádobě, který má být o 0,2 baru nižší než zapínací spodní tlak nastavený na tlakovém spínači. Tento tlak je nutno nastavit v suchém stavu nádoby, tedy před vlastní montáží do systému. Ponorná čerpadla do vrtů disponují velkou dopravní výškou. Vzhledem k způsobu provedení vrtu a ochrany čerpadla není kladen takový důraz na mechanickou odolnost. Ponorné čerpadlo do vrtů je spíše uzpůsobeno pro dlouhodobé ponoření a odolnost vůči tlaku sloupce vody nacházející se nad ním. Z tohoto důvodu se doporučuje vždy dodržovat maximální hloubku ponoru daného zařízení. Mezi aktuálně oblíbená se řadí tzv. hlubinná čerpadla.“ [15]



Obrázek 22_Ponorné čerpadlo do vrtu [16*]



Typické závady čerpadel a jejich oprava:

Výňatek závad čerpadel vyjmut ze zdroje. [18]

„Čerpadlo se točí, ale nenasaje.“

- Zkontrolovat hloubku sání pokles hladiny vody ve zdroji, prodloužit sání. Nesmíme zapomenout na maximální výšku sání uvedenou výrobcem čerpadla-cca (8 - 9,5) m. Pokud je sání příliš dlouhé je nutné vodu tlačit.

Netěsnost sacího koše nebo sacího potrubí

Zavodnit sací potrubí a zkontrolovat, zda neklesá hladina zavodnění.

- Jestliže hladina neklesá, tak čerpadlo přisává vzduch na ucpávce. Vyměnit ucpávkové těsnění (šňůru) nejlépe několik starých (nejméně 3ks) vyndat a nahradit stejným počtem nových.

Netěsnost sacího koše nebo sacího potrubí,

Zavodnit sací potrubí a zkontrolovat, zda neklesá hladina zavodnění.

- Jestliže hladina neklesá, tak čerpadlo přisává vzduch na ucpávce. Vyměnit ucpávkové těsnění (šňůru) nejlépe několik starých (nejméně 3ks) vyndat a nahradit stejným počtem nových. Ucpávka přisává vzduch dovnitř, nebo voda uniká ven přes ucpávku.

Čerpadlo se točí, ale nedává požadovaný průtok:

- Opačný směr otáčení motoru. Upravit směr otáčení elektromotoru. Může nastat při výpadku elektrického proudu.
- Špatně vypočítaná dopravní (výtláčná) výška-snížit dopravní výšku.
- Čerpadlo a sací potrubí nenaplněno čerpanou kapalinou-zavodnit čerpadlo, sací potrubí a zkontrolovat, zda neklesá hladina zavodnění.
- Zpětná klapka neotvírá průtok (je-li namontována) - zkontrolovat funkčnost zpětné klapky, nad 10 m výšky a délky výtlaku by čerpadlo mělo být opatřeno zpětnou klapkou.
- Čerpadlo se zahřívá nad teplotu čerpané kapaliny-výtlačná výška je vyšší, než maximální tlak čerpadla.
- Čerpadlo za provozu selhává tedy přisávání vzduchu nebo se vytváří vzdušný pytel v sacím řádu, snížila se hladina vody ve zdroji (koš nad hladinou) nebo je poškozené sací potrubí (staré, prorezlé nebo jeho netěsnost).
- Špatný průměr sacího potrubí-zvětšit průměr sání o jednu rozměrovou dimenzi.



Pěňená voda:

- Již opotřebené čerpadlo, berte ohled na stáří čerpadla a jeho pracovní nasazení.

Čerpadlo se netočí:

- Tato závada je většinou v elektromotoru, v přívodu nebo v nefunkčnosti tlakového spínače.

Motor je pod napětím, ale čerpadlo se netočí:

- Ihned vypnout, aby nedošlo k poškození motoru.
- Při dlouhém odstavení čerpadla nastalo tzv. přilnutí oběžných kol k vložkám čerpadla. Protočit za spojku čerpadlo min. jednou do kola
- Zablokované oběžné kolo. Čerpadlo nasálo cizí předmět, může být poškozeno oběžné kolo, difuzér atd.

Čerpadlo často spíná:

- Nedostatečný protitlak vzduchu v tlakové nádobě, vypnout čerpadlo. Plnicí ventilek zmáčknout a zjistit, zda odtud nestříká voda.
- jestliže stříká, je protržený vak nádoby.
- nestříká-li voda, nutno odmontovat přívod do tlakové nádoby a vypustit a vzduchem vytlačit všechny vodu. Nahustit vzduchem protitlak (je uveden výrobcem tlakové nádoby).
- Není-li již známo, jakým protitlakem se plní tlaková nádoba, platí, že protitlak je stejný nebo max. o (0,1 - 0,2) uváděné jednotky nižší, než je spínací tlak tlakového spínače.

Čerpadlo nevypíná:

- Může se jednat o průsak v soustavě. Nebo nesprávné nastavení tlakového spínače.

Čerpadlo nedodává požadované množství vody:

- Indikuje zanesené potrubí nebo nedostatečný výkon čerpadla, nutné nahradit čerpadlem o vyšším výkonu.

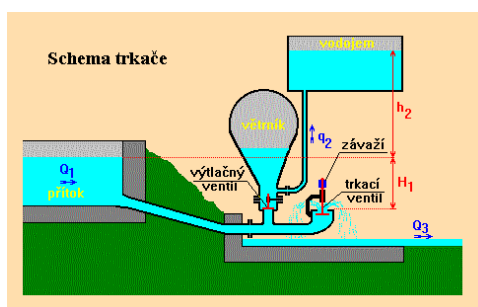
Čerpadlo běželo dlouhou dobu, avšak po opětovném uvedení do provozu po odstávce nedodává vodu.

- V čerpadle, tedy v sacím potrubí není žádná voda. Opravíme naplněním čerpadla vodou skrz sací potrubí.“



Vodní trkač

„Trkač pracuje na principu vodního rázu, který vzniká v potrubí s proudící kapalinou při jeho prudkém uzavření. Náhlým nárůstem tlaku je možno dopravovat vodu do výše položeného místa, než je spád, na kterém trkač pracuje. Voda přitéká k trkači potrubím. Trkací ventil je zatížen závažím o něco více, než je hydrostatický tlak vody v potrubí. Trkací ventil klesne a otevře odtok vody. Voda začíná v potrubí proudit, pozvolna získává na rychlosti. Plochý talířek trkacího ventilu klade jejímu proudění odpor. Tak se stane, že voda při určité rychlosti strhne talířek ventilu sebou a přirazí ho do sedla. Konec potrubí je znenadání uzavřen. Voda v potrubí má však setrvačnost a proudí dál. Před trkacím ventilem značně naroste tlak. V tom okamžiku tlak nadzdvihne výtlačný ventil a voda začne proudit do větrníku, kde stlačuje vzduch. Za okamžik se však setrvačná energie vodního sloupce v přívodním potrubí vyčerpá. Voda přestává proudit do větrníku. Výtlačný ventil se vlastní vahou uzavírá. Stlačený vzduch ve větrníku před sebou žene nashromážděnou vodu do výše položeného vodojemu. Mezitím se voda v přívodním potrubí zcela zastavila, tlakový ráz zanikl. Na uzavřený trkací ventil již nepůsobí rychlost proudící vody. Samotný hydrostatický tlak v potrubí neudrží jeho talířek přitlačený do sedla. Ventil pod vahou závaží klesá a otevírá vodě volný odtok do odpadního kanálu. Voda z klidu začíná opět proudit přívodním potrubím. Zvyšuje rychlost, až pojednou strhne sebou i talířek trkacího ventilu. Nastává další vodní ráz. Situace se periodicky opakuje. Značná část vody se obětuje na to, aby sloupec vody v potrubí získal náležitou rychlost. Voda se do větrníku čerpá jen krátký okamžik, kdy je po prudkém uzavření tlak vodního rázu v potrubí vyšší než tlak ve větrníku. I přes poměrně malou účinnost patří trkač ke spolehlivým čerpacím zařízením, protože se u něho nevyskytují rotující se části, které by bylo nutné mazat. Trkač může pracovat od spádu H_1 minimálně 1 metr (optimálně od 2 metrů). Klasické konstrukce vytlačí vodu maximálně do 25- násobku původního spádu. Je citlivý na písek a nečistoty, které za provozu vytloukají sedla ventilů. Musí být, proto před trkačem zařazen lapač písku a jemné česle. Vzduch, ve větrníku je nutné nejméně jednou za 14 dní doplnit pumpičkou, protože se pod tlakem částečně rozpouští ve vodě. Trkač dopravuje do výše tutéž vodu, která ho pohání-tedy vodu říční. Dopravovat vodu jinou, než hnaní (např. ze studny) může pouze po zařazení multiplikační jednotky. Ta je však složitější než použít čerpadlo hnané vodním motorem.“ [19].



Obrázek 23_Vodní trkač [17*]



Konstrukce:

„Vstup do potrubí musí být řešen plynulým přechodem, aby nedocházelo ke kontrakci. Potrubí musí mít dostatečnou světlost, aby nekladlo proudící vodě odpor a ta mohla dosáhnout co možná nejvyšší rychlosti. Nemělo by být menší než 2 palce. A také musí mít dostatečnou délku, která je závislá na výšce, kam má být voda dopravována. Absolutní vodní ráz s nejvyšším tlakem trvá jen tak dlouho, než tlaková vlna doběhne od trkacího ventilu po začátek potrubí a zpět k trkacímu ventilu. Vlna se šíří rychlostí zvuku. Pak voda v potrubí "couvne" zpět. Navíc při krátkém potrubí pracuje trkač v krátkých periodách a více se opotřebovává. Potrubí musí být z nepružného materiálu (litinové nebo ocelové), hadice nebo plastové potrubí snižuje objemovou účinnost a velmi výrazně dopravní výšku. Koleno k trkacímu ventilu musí mít velký rádius. Odbočka z hlavního potrubí na výtlačný ventil a větrník musí být co nejbližší k trkacímu ventilu. Výtlačný ventil musí být lehký a mít malou setrvačnou hmotu. Trkací ventil musí být umístěn co nejnižší, spád od jeho sedla po spodní hladinu není využitý. Trkací ventil musí mít velký průměr a malý zdvih. Když už se rozhodne zavřít, musí se to odehrát v co nejkratší době. Závaží trkacího ventilu musí mít takovou váhu, aby byl sestavený ventil o trochu těžší, než prostý tlak vody, který jej přitlačuje do sedla. Sedlo ventilu musí odolávat trvalým nárazům. Je vhodná kombinace tvrdého kovu talířku a těsnícího prstence z částečně pružné umělé hmoty, která je jako výměnný díl přitažena přírubou. Vedení dřívku trkacího ventilu (např. nerez/texgumoid) musí odolávat vodě a být dostatečně dlouhé, aby se ventil nepřičil a dosedal v celé ploše současně. Zdvih trkacího ventilu musí být dorazem regulovatelný (matice na dřívku). Jeho vzdálenost od sedla je potřeba nastavit tak, aby voda ventil strhla při přibližně poloviční rychlosti, než jaké by dosáhla při volném výtoku. Větrník je tlaková nádoba. Jeho objem musí být velký-alespoň 5x větší, než činí dávka vytlačená v jedné periodě. Musí odolávat cyklickým rázům, jeho stěny nesmí pružit a korodovat, jinak dojde po čase k únavě materiálu a následnému výbuchu větrníku. Větrník z obyčejné oceli by měl být stavěn na téměř desetinásobný tlak, než kolik činí tlak odpovídající výtlačné výšce. Výtlačné potrubí může být i z pružného materiálu (hadice) a stačí poměrně malá světlost. Účinnost trkače je tím menší, čím menší je celé zařízení.“ [19].

Výpočet vodního trkače:

Výškový koeficient:

$$R = \frac{H_1}{H_1 + h_2} \quad (10)$$

Dopravní součinitel K

R =	0,5	0,33	0,25	0,2	0,167	0,143	0,125	0,11	0,1	0,083	0,071	0,063	0,056	0,05	0,045	0,04
K =	0,42	0,26	0,18	0,14	0,11	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,015	0,012	0,008	0,005

Tabulka 9_Dopravní součinitel K [17*]

Výtlačné množství:

$$q_2 = Q_1 \cdot K \quad (11)$$



Ztrátové množství:

$$Q_3 = Q_1 - q_2 \quad (12)$$

Hmotnost trkačeho ventilu:

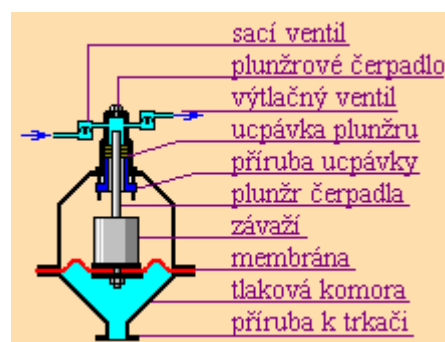
$$G = 0,12 \cdot S \cdot H_1 \quad (13)$$

Potřebná délka potrubí:

$$L = \frac{h_2}{H_1} \cdot \frac{T_z}{0,002} \quad (14)$$

Glockmannova pumpa

„Načerpát vodu výš, než vytlačí obyčejný trkač, dokáže trkač kombinovaný s multiplikační jednotkou. Tak z trkače vznikne tzv. Glockmannova pumpa (dle australského vynálezce Rolfa Glockmanna). Princip multiplikační jednotky spočívá v tom, že v místě původního výtlačného ventilu a větrníku trkače je instalována velká membrána, která je mechanicky spojena s plunžrovým čerpadlem (obrázek ukazuje jedno z mnoha možných technických řešení tohoto uzlu). Spodní část trkače pracuje běžným způsobem, jenže říční voda místo vnikání do větrníku jen v rázech pohybuje membránou nahoru a dolů, protože původní výtlačný ventil trkače chybí. Membrána pak přímo pumpuje plunžrovým nebo pístovým čerpadlem. Čerpadlo má svou vlastní nezávislou čerpací komoru a své samostatné ventily. Tím pádem může čerpat vodu i z jiného zdroje, např. z čisté studny. Výsledná dopravní výška je závislá na poměru plochy membrány vůči plunžru. Poměr těchto průměrů může být značně rozdílný a lze dosáhnout tlaku desítek až stovek atmosfér. Dodávané množství je však v takovém případě velmi malé. Statické síly působící na membránu je potřeba vyvážit závažím nebo pružinou tak, aby plunžr za provozu v komoře čerpadla nenarážel na dno. Glockmannova pumpa však není samospasitelným řešením použitelným na malém spádu. Může pracovat jen tam, kde by se udržel v chodu i běžný trkač. Na spádech nižších je potřeba sáhnout po samostatném plunžrovém čerpadle a pohánět ho vodním kolem na spodní vodu, např. malým hřebenáčem bez stavidla.“ [19].

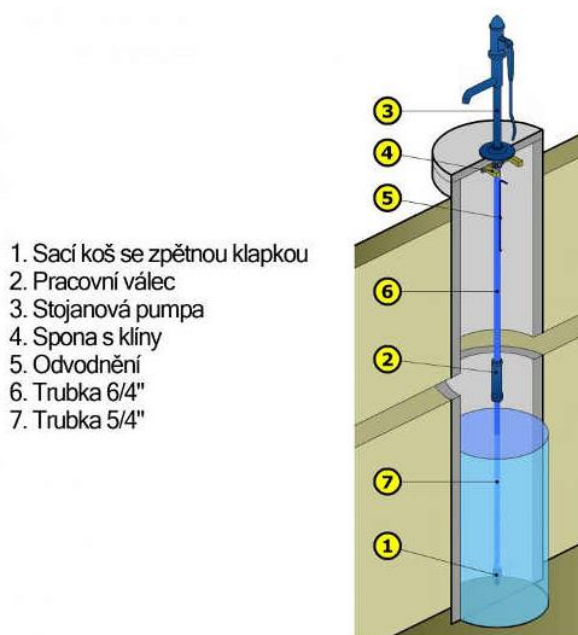


Obrázek 24_Glockmannova pumpa [17*]



Ruční stojanová pumpa:

„Ruční čerpadla jsou určena k čerpání vody z hloubek až 30 m. Hloubka studny pak určuje typ ručního čerpadla a pracovního válce. Standardní vybavení kompletu s ruční stojanovou pumpou (3) tvoří sací koš se zpětnou klapkou (1), pracovní válec (2), odvodnění (5) a spona s klíny (4). Dále je pracovní válec (2) spojen se sacím košem (1) 5/4“ trubkou (7) a s ruční pumpou (3) 6/4“ trubkou (6), ve které je zároveň táhlo, které zprostředkovává přenos mezi pákou ruční pumpy (3) a pístem pracovního válce (2). Tuto ruční pumpu lze následovně zautomatizovat skrz převodový mechanismus k točivému hřídeli motoru, nebo alternativním zdrojem točivého momentu může být lopátkové kolo vložené do tekoucí řeky či do proudu větru. Pokud bychom chtěli automatizovat, měly bychom zvážit přikoupení ponorného čerpadla.“ [20]



Obrázek 25_Ruční Pumpa [18*]

7. Kvalita vody

Informace z odstavce jsou nepřímou citovány ze zdroje [21].

„Dešťová voda je vodou destilovanou, tedy čistou bez rozpuštěných látek. Už v atmosféře dochází ke kontaktu této vody s různými chemickými látkami. Její kvalita v tomto prostředí je zřetelně ovlivněna znečištěním vzduchu. Po průchodu zemskou atmosférou vykazuje hodnotu asi 5,6 pH, protože se váže mimo jiné také s CO₂, obsaženým ve vzduchu.

Znečištění již zachycené dešťové vody je trojího původu. Jsou to:

- rozpuštěné a nerozpuštěné látky v atmosférických srážkách
- znečištění, které se během bezdeštného období nahromadí na povrchu území a během dešťové události je odváděno s dešťovou vodou
- znečištění, které vzniká při kontaktu dešťové vody s materiály na povrchu území



Téměř veškeré látkové znečištění, které se vyskytuje v dešťovém odtoku, vykazuje na začátku odtoku vyšší koncentrace, než v jeho dalším průběhu (tzv. efekt "prvního splachu"). Je to důsledkem jednak toho, že na začátku deště jsou vyplavována atmosférická znečištění, dále je mobilizována suchá depozice a také od posledního deště vytvořené produkty koroze. Oddělení prvního splachu přibližně první (1–3) mm deště vede zpravidla k podstatnému snížení látkového zatížení v zachycené dešťové vodě.“

7.1. Způsoby znečištění:

Splach

„Pro střechy je dešťová voda jediným způsobem jejich očisty. Dešťová voda odtékající ze střechy objektu obsahuje vysoký podíl rozpuštěných kyslíčků (CO_2 a SO_2) a proměnlivý podíl organických látek (pyl, klacíky, listí, ptačí trus, prach, choroboplodné zárodky). Podle dosavadních zkušeností je ale toto choroboplodné zatížení vody tak nepatrné, že při zodpovědném zacházení s dešťovou vodou nemůže dojít k ohrožení zdraví.“ [21].

Výluh

„Kvalita vody závisí také na druhu povrchu, ze kterého stéká. Tím, že přichází do kontaktu se střešní krytinou, odpadním potrubím, filtry, je tato voda znečištěna. Opotřebením stavebních částí budov vlivem vody, slunce, mrazu a deště se uvolňují částičky krytiny střech, cihel, betonu, kovů, barev, asfaltu, skla apod. Tyto částice tvoří značnou část znečištění v dešťovém odtoku. Rozsah znečištění závisí na stavu staveb a použitém materiálu. Z některých druhů střešních krytin (např. eternit nebo lepenka) se mohou do vody uvolňovat nežádoucí látky, proto je jistější dát přednost jiným materiálům. Dešťové odtoky ze střech, které obsahují materiály s pesticidy nebo nátěry s obsahem pesticidů, musí být zaústěny do kanalizace s odtokem na čistírnu odpadních vod. Z nátěrů střech a okapů se uvolňuje měnící se množství částic opět závislé na místních podmínkách (stav a stáří nátěru, použitá nátěrová hmota a technika provedení nátěru). Dešťové okapy a další kovové součásti střech korodují a uvolňují toxické látky jako měď, chrom, zinek. Značnou roli pro náhradu nevhodných materiálů mohou sehrát i předpisy pro povinné předčištění dešťového odtoku ze střech, obsahující vysoký podíl znečišťujících látek, např. mědi a zinku. V těchto případech je stavebník ochoten, resp. nepřímo donucen použít náhradní, pokud možno inertní materiály.“ [21].



Kontaminace ovzduším

„Znečišťující látky v atmosféře jsou jednou z příčin znečištění dešťového odtoku, především ve velkých městech a v průmyslových oblastech. Během deště dochází k vymývání látkového znečištění ve vzduchu a tím k čištění atmosféry. Dešťová voda není tedy čistý kondenzát, odráží jak přirozené pozadí zemského povrchu (mořské soli, erozi půdy), tak i antropogenní znečištění především kouřovými plyny a dopravou. Látky obsažené v atmosféře mohou být přenášeny na velké vzdálenosti. V dešťové vodě se tak projevují jak vlivy ze vzdálených oblastí, tak i lokální znečištění. Kyseliny a kyselinotvorné látky jako například kyselina sírová, dusičná a chlorovodíková, pocházející převážně z antropogenních zdrojů znečištění a převažují nad zásaditými látkami například uhličitany vápenatý, hořčnatý a amoniakální dusík, které pocházejí především z přirozeného prostředí. Zdrojem kyselin jsou především sloučeniny síry zejména SO_2 a H_2S a sloučeniny dusíku N_2O , NO , NO_2 ze spalování fosilních paliv, z výfukových plynů motorových vozidel, a mikrobiální denitrifikací v půdě a ve vodě. Sloučeniny chloru vznikají ze spalování umělých hmot s obsahem PVC, které tvoří městské a průmyslové spalovny. Zdrojem zásaditých látek je jednak zemědělství, třeba amonné ionty v hnojivech a přirozené pozadí uhličitany. K ostatním látkám patří především těžké kovy, to jsou emise z průmyslu a spaloven, organické látky především uhlovodíky z výfukových plynů motorových vozidel a rostlinné živiny, například fosfor a amonné ionty. Úpravný vod jsou obvykle několikastupňové systémy, které mají za úlohu upravit vodu tak, aby splňovala parametry dané vyhláškou 252/2004 Sb. a aby senzorycky chuťově a pachově vyhovovala uživateli. Špatná barva je důsledkem ve vodě obsažených huminových látek, barviv, ligninsulfonanů. Pach a chuť indikuje obsah uhlovodíků, chlorfenolů a látky produkované mikroorganismy například řasami, sinicemi, aktinomycetami. Pěnivost je důsledkem tenzidů, ligninsulfonanů. Ropné a olejové látky vytváří povrchový film na hladině, který brání přestupu kyslíku do vody.“ [21].

7.2. Nežádoucí látky v pitné vodě a jejich dopady na zdraví

Hořčík a Vápník (tvrdost vody)

„Filtry pro změkčení vody se plní katexovou náplní, na které se rozpuštěný vápník a hořčík nahrazuje neškodným sodíkem. Výsledkem změkčení pitné vody je voda demineralizovaná, která není přímo vhodná k pití. Hodnota pH pitné vody by měla být (6,5 – 9,5). Pokud má tělo příliš vysokou hladinu kyselosti, červené krvinky drží pohromadě, což má za následek velmi špatnou cirkulují krve v organismu, takže v těle chybí kyslík. Důsledkem toho je nedostatek energie a chronická únava. První pomoc lze řešit dostatečným pitím čisté vody, nebo čistých ovocných a zeleninových šťáv. Náš organismus v době, kdy se snaží vyrovnat s kyselou úrovní pH spotřebovává veškeré dostupné minerály například i z kostí, zubů, nebo chrupavek. Naopak, pokud budeme pít ve větší míře vysoce zásaditou alkalickou vodu nad 9,5 pH, lze očekávat žaludeční problémy. Je nutné udržení kyselosti žaludečních šťáv. Hodnotu pH lze snížit dávkováním kyseliny sírové, kyseliny solné, hydrogensíranu sodného. Hodnotu pH lze zvýšit dávkováním hydroxidu sodného, uhličitany sodného, polo-vypáleného dolomitu. Hodnotu pH lze měřit pomocí indikátorových papírků. Jsou to proužky filtračního papíru napuštěné vhodným indikátorem nebo směsí indikátorů. Hodnotu pH určíme porovnáním zbarvení indikátorového papírku po jeho namočení do roztoku s barevnou stupnicí.“ [22]



Obrázek 26_Indikátorové papírky na zjištění pH vody [19*]

Železo a mangan

„Charakteristickým rysem železité vody je rezavý zákal a sediment, který se může projevit až po delší době, zejména po ohřevu. Sloučeniny manganu se projevují mastnými skvrnami na povrchu vody a doprovází je zápach vody. Zvýšené koncentrace železa a manganu ovlivňují především organoleptické vlastnosti vody, a to barvu, chuť a zákal. K nejefektivnějším způsobům, jak odstranit tyto prvky, je řízený průtok vody přes filtr se speciální náplní, která je vybrána podle přesného složení vody. Přístroj je instalován vždy před vstup do potrubního oběhu. Filtrovací proces funguje tak, že nerozpustné iontové formy železa a manganu se přemění na nerozpustné sloučeniny, které jsou z vody následně separovány právě pomocí filtru. Přítomnost železa a manganu ve vodě se často objevuje v přítomnosti dalších nežádoucích prvků. Jedná se nejčastěji o vápenaté, amonné, manganisté, dusité nebo dusičné usazeniny.“ [23]

Ve vodě by hodnota železa neměla přesahovat limitu 0,2 mg/l a mangan 0,05mg/l. [22]

Dusičnany a dusitany

„Výskyt dusitanů a dusičnanů ve vodě je typický zejména pro vodní zdroje v blízkosti polí či zemědělských podniků v důsledku používání umělých hnojiv či nesprávného zacházení s organickými odpady, ale také prosakujících septiků a žump. Dusičnany a dusitany se neprojevují změnou vzhledu či chuti vody. Zdravotní limit by neměl přesahovat 10mg/l. Zdravotní rizika mohou nastat v podobě zvýšení krevního tlaku, srdečního infarktu, riziko vzniku nádorových onemocnění, dusičnanová methemoglobinémie. Takto kontaminovaná voda je obzvláště nebezpečnou pro kojence, u kterých hrozí riziko vzniku dusičnanové methemoglobinémie, způsobující omezení přenosu kyslíku krví, což může vést až k udušení.“ [25]

„Odstraňování dusičnanu spočívá v průtoku vstupní vody přes speciální selektivní ionto- výměnnou náplň, kdy jsou dusičnany přeměněny na chloridy.“ [26]

Možnou účinnou filtrací je i reverzní osmóza, jejichž membrána zajišťuje úplné odstranění dusičnanů z vody.



Koliformní bakterie

„Počty bakterií se udávají v jednotkách „KTJ“, což znamená „kolonie tvořící jednotky“. Tyto počty se vždy vztahují na objem vody, který je vyšetřován. Bakterie osídlující střevní trakt u teplokrevných živočichů, běžně žijí i v půdě. Skupina koliformních bakterií může obsahovat i patogenní kmeny. Jejich přítomnost ukazuje na možnost ovlivnění zdroje pitné vody fekálním znečištěním, a tedy na riziko výskytu patogenních bakterií a virů ve vodě. Vyhláška vyžaduje výskyt koliformních bakterií ve 100 ml vody. Vzniká rozkladem listí nebo se dostávají do vody např. ze septiků. Běžně je testována odstátou vodou po dobu 48 hod, jestli změní barvu. Žaludeční nevolnost v nejhorším kolika jsou případné zdravotní problémy při požití vody s vyšším obsahem bakterií, než je dle vyhlášky. Odstranit se dají pomocí UV lampy, chemické dezinfekce či reverzní osmózou.“ [27]

Arsen ve vodě:

„Arsen je kov vyskytující se v některých minerálech, ze kterých se může uvolňovat do vody. Typicky se vyskytuje u podzemní vody z hlubokých vrtů (jsou jím často kontaminované artézské studny). Nevyskytuje se v koncentracích, které by způsobily okamžitou otravu a smrt, ale dlouhodobé pití vody s arsenem vede k chronické otravě a zdravotním potížím.

K odstranění arsenu lze použít společné srážení se železem (pokud je železo ve vodě přítomné v dostatečném množství), nebo ho lze zachytit na filtrační náplni tvořené hydroxidy železa. Taková náplň má omezenou kapacitu a životnost (cca tři roky). Její použití je jednorázové a po vyčerpání kapacity je třeba ji nahradit.“ [28] „Ze zdravotního hlediska je arsen velmi jedovatý a je ve vodě zcela nežádoucí. Hygienické limity arsenu ve vodě jsou stanoveny pro pitnou vodu ve výši do 10 µg/l, v balené kojenecké vodě do 5 µg/l.“ [29]

Sirovodík:

„Neboli Sulfan, je bezbarvý plyn, který se může ve vodě tvořit rozkladem organického materiálu nebo přeměnou síranů při nedostatku kyslíku. Typickým příznakem, že se ve vodě nachází sirovodík, je zápach po zkažených vejcích, který je při vyšších koncentracích cítit již ve studené vodě a při nižších koncentracích až po zahřátí, např. v bojleru. Často se sirovodík ve vodě vyskytuje ruku v ruce se železem a manganem, ale i při zvýšeném mikrobiologickém znečištění. Nejúčinnější odstraňování sirovodíku z vody je oxidací, která změní sirovodík na méně škodné sírany. Oxidaci lze řešit např. provzdušňováním, proporčním chlorováním, použitím filtrační náplně s oxidačním účinkem, případně kombinací všech těchto metod. Při oxidaci provzdušňováním a chlorováním je potřebné místnost řádně odvětrávat.“ [30]

Konduktivita (vodivost)

„Vodivost je ukazatel celkového množství rozpuštěných minerálů obsažených ve vodě. Dešťová voda má vodivost nízkou, voda odpadní či na dolních tocích řek, vyšší. Vyšší vodivost sama o sobě nepůsobí zdravotní problémy. Naopak jsou minerální vody (tj. vody s vysokým obsahem minerálů) často léčivé. Z hlediska dlouhodobé konzumace však příliš mineralizovaná voda není ideální. Voda po reverzní osmóze dosahuje vodivosti okolo 10-20 µS/cm.“ [31]



„ORP, tzv. oxidačně redukční potenciál, je hodnota, která charakterizuje přítomnost oxidačních nebo redukčních látek v kapalině. Chemické látky jako chlor, brom, ozon mají skvělou schopnost oxidovat, tedy „ukrást“ elektrony z jiné látky. To z nich dělá dobré dezinfekce vody, díky změně chemického složení mikroorganismy ve vodě umírají.“ [32]

„V přírodě ve vodě se hodnota ORP pohybuje v rozsahu od cca (-400 +400) mV. Energie uvolňovaná v průběhu těchto reakcí je spotřebována na udržování rovnováhy vnitřního prostředí organismu a regeneraci buněk. Běžně se ORP vnitřního prostředí lidského organismu pohybuje v rozsahu od - (100mV -200) mV, pokud je tento organismus v regenerovaném stavu. ORP běžné pitné vody je téměř vždy větší než nula, a obvykle se nachází v rozmezí od +180mV do +300mV. Tyto rozdíly ORP vnitřního prostředí a pitné vody znamenají, že životní energie organismu musí být vynakládána na opravu aktivity elektronů vody. Proto čím nižší ORP vody, tím víc volných elektronů a tím větší antioxidační schopnost. Špatnou konduktivitu lze řešit reverzní osmózou, která demineralizuje vodu, a tím sníží její vodivost.“ [33]

8. Návrh nádoby na jímání dešťové vody

Jako příklad improvizace v polních podmínkách může být využito například silo na obilí. Při odejmutí víka lze využít trychtýřovitého tvaru sila. Zároveň přivařením delších nohou lze využít spádu a vynechat tak přítomnost čerpadla. Jelikož je silo určeno pro zátěž od obilí, jehož měrná hmotnost pšenice je cca (720-850) [kg/m³], je nutné ho před použitím pevnostně zkontrolovat, zdali je konstrukce schopná odolat trvale zatížení vodou. Pevnostní výpočet by byl také nutný v případě, kdy jsme nezískali silo od dodavatele, a neznáme tedy jeho přesné vlastnosti. Z tohoto hlediska tedy je počítáno vždy s nejslabšími materiály a vše je uzpůsobeno pro maximální bezpečnost.



Obrázek 287_Silo 1 [autor]



Obrázek 278_Silo 2 [autor]



8.1. OSNOVA VÝPOČTU SILA NA JÍMÁNÍ VODY

1. Tenkostěnná nádoba

2. Síly působící v sestavě

3. Vyztužení

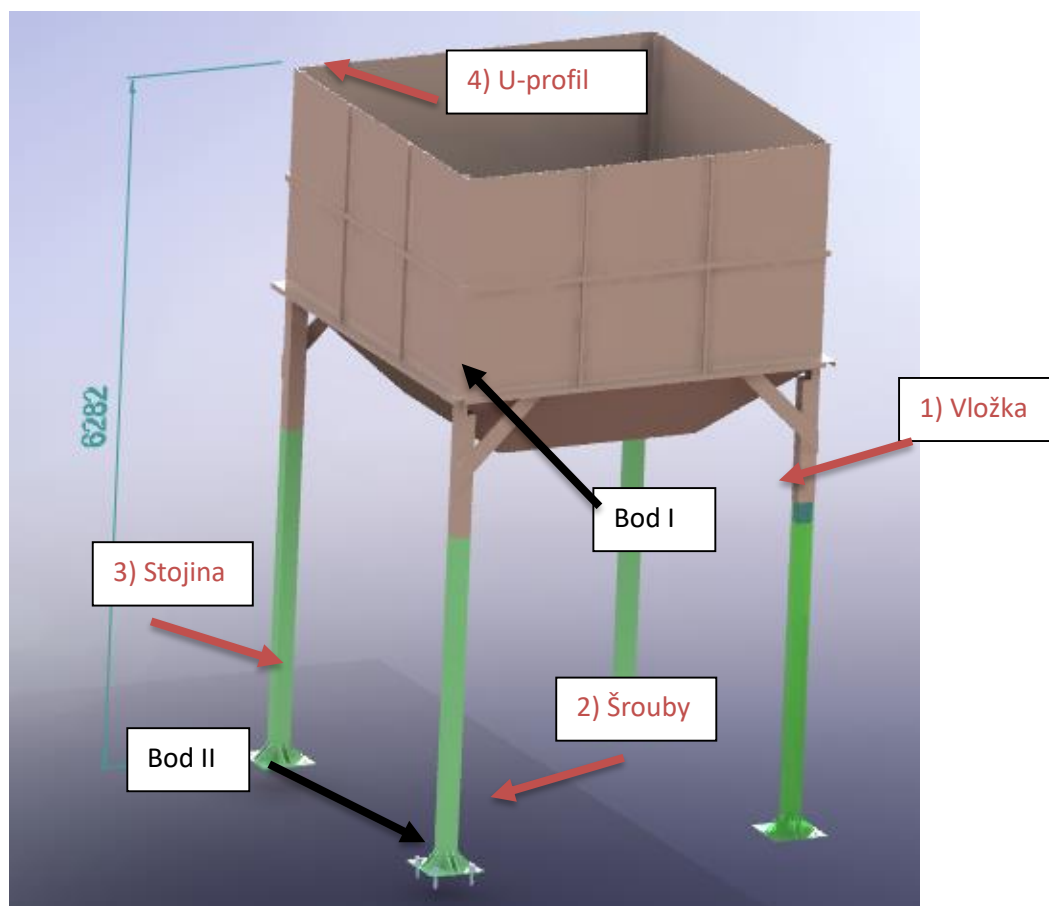
4. Napětí na stojině

5. Svary

6. Vzpěr stojiny

7. Předpětí šrobů

8. Kontrola šroubů



Obrázek 29_3D model síla [autor]

Pro vytvoření spádu, přivaříme nohy a do profilu vložíme vložku pro přenos napětí. Tím ušetříme absenci čerpadla a možnost čerpat vodu i ve výpadku elektřiny z generátoru.

Chceme-li čerpat kvalitně filtrovanou pitnou vodu přes reverzní osmózu, je nutné zajistit průtok vody jednou větví skrz čerpadlo, které vytvoří alespoň 10 barů a poté záložní větví s předpokladem nižší kvality vody.



8.2. VÝPOČET :

1. Tenkostěnná nádoba

Ověření navržené tloušťky stěny sila pro jímání vody bylo provedeno zjednodušeným postupem analogicky dle [34], pro úlohu „Návrh tlakové nádoby“.

Provozní tlak na dně nádoby:

$$p_p = 0,027 \quad [MPa]$$

Zkušební tlak pro tlakovou válcovou nádobu:

$$p_z = 0,2 \quad [MPa]$$

Pro S235JR2 platí:

$$\sigma_{Kt} = 235 \quad [N/mm^2]$$

Bezpečnost pro provozní tlak:

$$x_1 = 1,5 \quad [-]$$

Bezpečnost pro zkušební tlak:

$$x_z = 1,1 \quad [-]$$

Dovolené napětí zkušební tlaku:

$$\sigma_{DZ} = \frac{\sigma_{Kt}}{x_z} \quad (15)$$

$$\sigma_{DZ} = \frac{235}{1,1} = 214 \quad [N/mm^2]$$

Poměrový koeficient zkušební tlaku:

$$\frac{p_z}{\sigma_{DZ}} = \frac{0,2}{214} = 0,00094 \quad [-]$$

Dovolené napětí provozního tlaku:

$$\sigma_{DP} = \frac{\sigma_{Kt}}{x_1} \quad (16)$$

$$\sigma_{DP} = \frac{235}{1,5} = 157 \quad [N/mm^2]$$

Poměrový koeficient provozního tlaku:

$$\frac{p_p}{\sigma_{DP}} = \frac{0,027}{157} = 0,00017 \quad [-]$$

$$\frac{p_p}{\sigma_{DP}} < \frac{p_z}{\sigma_{DZ}}$$

0,00017 < 0,00094 Volím pro výpočet zkušební tlak.



Ekvivalentní průměr nádoby:

Pro výpočet tloušťky stěny síla je nutné zavést ekvivalentní průměr z důvodu připodobnění předchozích výpočtů podle. [34]

$$S_{\square} = S_0 = 3,5 \cdot 3,5 = 12,25 \quad [m^2]$$

$$S_0 = \frac{\pi \cdot D_e^2}{4} \quad (17)$$

$$D_e = \sqrt{\frac{4 \cdot S_0}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 12,25}{\pi}} = 3,949 \quad [m]$$

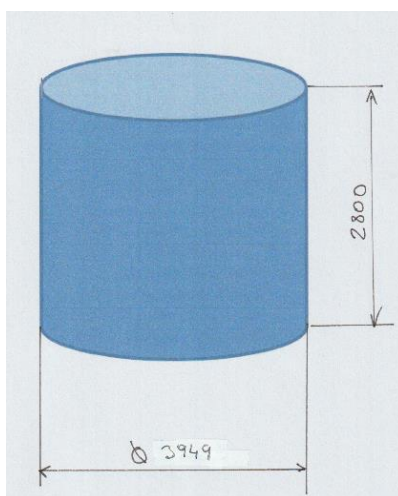
Výpočet minimální tloušťky stěny:

$$s' = s'_0 + c \quad (18)$$

$$s'_0 = \frac{p_z \cdot D_e}{4 \cdot \sigma_{DZ}} \cdot \beta + c \quad (19)$$

$$s'_0 = \frac{0,2 \cdot 3,949}{4 \cdot 2,14} \cdot 1,3 + 1 = 3,2 \quad [mm]$$

Dalším způsobem výpočtu ověření navržené tloušťky stěny síla pro jímání vody bylo provedeno zjednodušeným postupem analogicky dle [35], pro úlohu „Tenkostěnné nádoby“.



Obrázek 30_Ekvivalentní nádoba [autor]

Odvození z Laplaceovy rovnice:

$$\frac{\sigma_1}{\rho_1} + \frac{\sigma_2}{\rho_2} = \frac{p}{s} \quad (20)$$

Pro otevřenou nádobou platí:

$$\sigma_2 = 0 \quad [N/mm^2]$$



Dovolené napětí nahrazené válcové nádoby:

$$\sigma_D = \frac{Re}{k} \quad (21)$$

$$\sigma_D = \frac{235}{2} = 117,5 \quad [N/mm^2]$$

Hydrostatický tlak na dně nádoby:

$$p = \rho g h \quad (22)$$

$$p = 1000 \cdot 9,81 \cdot 2,8 = 27\,468 \quad [Pa]$$

Tloušťka stěny dna nádoby:

$$\frac{\sigma_1}{\rho_1} = \frac{p}{s} \quad (23)$$

$$s = \frac{p \cdot \rho_1}{\sigma_1}$$

$$s_{min} = \frac{0,027 \cdot 2228}{117,5} = 0,5 \quad [mm]$$

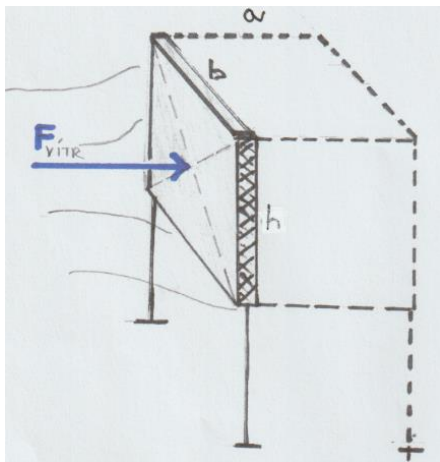
K vypočtené tloušťce bylo připočteno analogicky jako v první metodě 1 mm korozní přírůstek.

$$s = 1,5 \quad [mm]$$

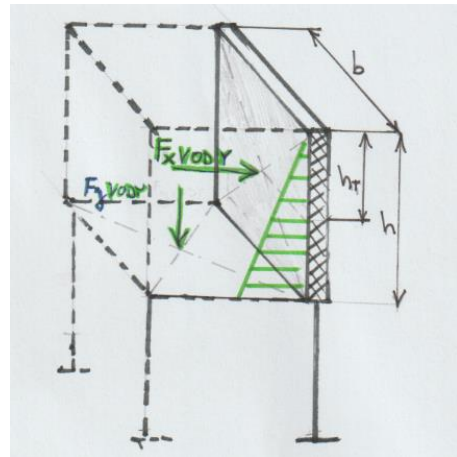
Na základě výsledků provedených výpočtových analýz může být učiněn závěr, že reálná tloušťka plechu 6 [mm] nádoby sila je pro účel jímání vody dostatečná z hlediska pevnosti a případného korozního úbytku.



2. Síly působící v sestavě



Obrázek 321_skica sila, zatížení od větru horní část [autor]



Obrázek 312_skica sila, zatížení tlakem vody [autor]

Síla od větru (105 km/h)

$$F_{vitr} = \dot{m} \cdot v \quad (24)$$

$$F_{vitr} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot h \cdot b \cdot c_x \cdot v^2 \quad (25)$$

$$F_{vitr} = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 2,8 \cdot 3,5 \cdot 1,2 \cdot 29,1^2$$

$$F_{vitr} \doteq 6000 \quad [N]$$

Celkové zatížení jedné stojiny od větru vody a vlastní tíhy konstrukce ve směru „x“ a „y“.

$$\rho = \rho \cdot g \cdot h \quad (26)$$

$$F_{x\ vody} = \rho \cdot A_T = \rho \cdot g \cdot h_T \cdot a \cdot b \quad (27)$$

$$F_{x\ vody} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,4 \cdot 3,5 \cdot 3,5 = 168\ 241,5 [N]$$

$$F_y = \rho \cdot A = \rho \cdot g \cdot h \cdot a \cdot b \quad (28)$$

$$F_y = 1000 \cdot 9,81 \cdot 2,3 \cdot 3,5 \cdot 3,5 = 240\ 345 \quad [N]$$

$$m_k = 2557 \quad [kg]$$

$$F_k = m_k \cdot g \quad (29)$$

$$F_k = 2557 \cdot 9,81 = 25\ 084 \quad [N]$$

$$G_s = F_y + F_k \quad (30)$$

$$G_s = 240\ 345 + 25\ 084 = 265\ 429 [N]$$



$$G = \frac{1}{4} \cdot G_s \quad (31)$$

$$G = \frac{1}{4} \cdot 265\,429 = 66\,257 \text{ [N]}$$

$$F_{vitr} = 6000 \quad \text{[N]}$$

$$F_x = \frac{F_{vitr}}{4} \quad (32)$$

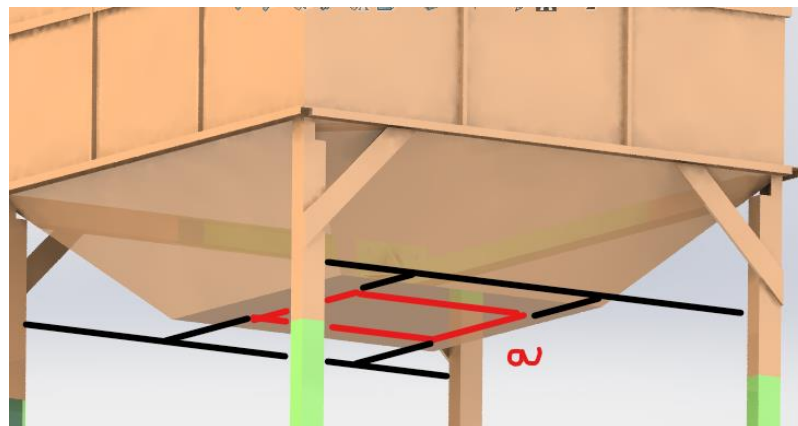
$$F_x = \frac{6000}{4} = 1500 \text{ [N]}$$

$$F_x = 1\,500 \quad \text{[N]}$$

$$G = 66\,500 \quad \text{[N]}$$

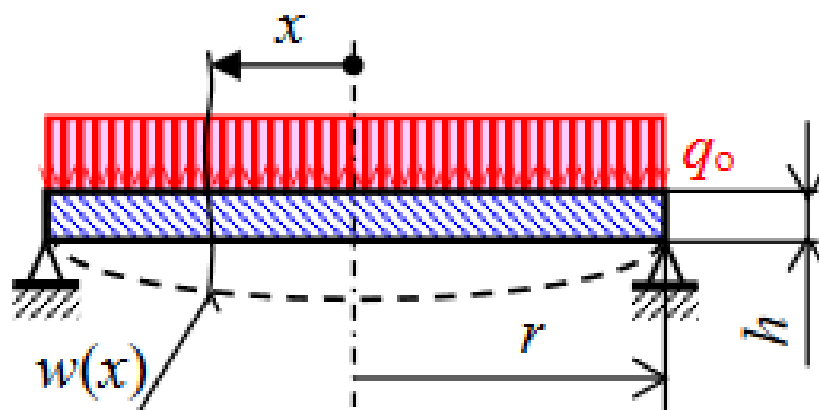
3. Vyztužení

Pro výpočet vyztužení byly využity online skripta [35] kapitola „Tenkostěnná kruhová deska“ str. 66.



Obrázek 33_Skica podpěr a červeně zobrazené výpočtové místo [autor]

Opět byla zaměněna čtvercová geometrie za kruhovou pro zjednodušení.



Obrázek 34_Napětí od tíhy vody [20*]



Zatížení:

$$Q(x) = p \cdot \pi \cdot x^2 \quad (33)$$

Diferenciální rovnice:

$$x \cdot \ddot{\varphi}(x) + \dot{\varphi}(x) - \frac{\varphi(x)}{x} = -\frac{6 \cdot q_0 \cdot \pi}{\pi \cdot E^+ \cdot h^3} \cdot x^2 \quad (34)$$

Integrační konstantu odhadneme z tvaru:

$$\varphi_p(x) = K \cdot x^3 \quad (35)$$

A jeho derivace budou:

$$\dot{\varphi}_p(x) = 3 \cdot K \cdot x^2 \quad (36)$$

$$\ddot{\varphi}_p(x) = 6 \cdot K \cdot x \quad (37)$$

Neznámou konstantu K získáme dosazením partikulárního řešení $\varphi_p(x)$ a jeho derivací do původní diferenciální rovnice, protože i toto řešení musí vyhovovat:

$$6 \cdot K \cdot x \cdot x + 3 \cdot K \cdot x^2 - \frac{K \cdot x^2}{x} = -\frac{6 \cdot q_0 \cdot \pi}{\pi \cdot E^+ \cdot h^3} \cdot x^2 \quad (38)$$

$$6 \cdot K \cdot x^2 + 3 \cdot K \cdot x^2 - K \cdot x^2 = \frac{-6 \cdot p}{E^+ \cdot h^3} \cdot x^2 \quad (39)$$

$$8 \cdot H \cdot x^2 = -\frac{6 \cdot p}{8 \cdot E^+ \cdot h^3} \cdot x^2 \quad (40)$$

$$H = \frac{6 \cdot p}{8 \cdot E^+ \cdot h^3} = -\frac{3}{4} \cdot \frac{p}{E^+ \cdot h^3} \quad (41)$$

$$\varphi(x) = C_1 \cdot x + \frac{C_2}{x} - \frac{3}{4} \cdot \frac{p}{E^+ \cdot h^3} \cdot x^3 \quad (42)$$

Konstanty C_1 a C_2 určíme z okrajových podmínek, pro uložení desky:

$$1. \varphi(0) = 0 \quad C_2 = 0$$

$$2. \sigma_r(r) = 0$$

Pro druhou okrajovou podmínku musíme použít rozšířený Hookův zákon:

$$\sigma_r(r) = E^+ \cdot [\varepsilon_r(x) + \varepsilon_t(x)] \quad (43)$$

$$\varepsilon_r(x) = \frac{h}{2} \cdot \dot{\varphi}(x) = C_1 - \frac{C_2}{x} - \frac{9 \cdot p}{4 \cdot E^+ \cdot h^3} \cdot x^2 \quad (44)$$

$$\varepsilon_t(x) = \frac{h}{2} \cdot \frac{\varphi(x)}{x} = C_1 + \frac{C_2}{x^2} - \frac{3 \cdot p}{4 \cdot E^+ \cdot h^3} \cdot x^2 \quad (45)$$

$$\sigma_r(x) = E^+ \cdot \left[C_1 - \frac{C_2}{x^2} - \frac{9 \cdot p}{4 \cdot E^+ \cdot h^3} \cdot x^2 + C_1 + \frac{C_2}{x^2} - \frac{3 \cdot p}{4 \cdot E^+ \cdot h^3} \cdot x^2 \right] \quad (46)$$

$$\sigma_r(x) = E^+ \cdot \left[C_1 \cdot (1 + \nu) - \frac{3 \cdot p}{4 \cdot E^+ \cdot h^3} \cdot x^2 \cdot (3 + \nu) \right] \quad (47)$$



Dosazením do druhé okrajové podmínky dostáváme:

$$\sigma_r(r) = E^+ \cdot \left[C_1 \cdot (1 + \nu) - \frac{3 \cdot p}{4 \cdot E^+ \cdot h^3} \cdot x^2 \cdot (3 + \nu) \right] = 0 \quad C_1 = \frac{3 \cdot p}{4 \cdot E^+ \cdot h^3} \cdot r^2 \cdot \frac{(3 + \nu)}{(1 + \nu)} \quad (48)$$

Řešení diferenciální rovnice bude tedy ve tvaru:

$$\varphi(x) = \frac{3 \cdot p}{4 \cdot E^+ \cdot h^3} \cdot \left[\frac{(3 + \nu)}{(1 + \nu)} \cdot r^2 \cdot x - x^3 \right] \quad (49)$$

Výsledné vztahy pro napětí jsou:

$$\sigma_r(x) = \frac{3 \cdot p}{8 \cdot h^2} \cdot (3 + \nu) \cdot (r^2 - x^2) \quad (50)$$

Extrémní hodnoty stanovíme ve středu desky, kde nesmí přesáhnout dovolené napětí:

$$\sigma_D = 117,5 \quad [N/mm^2]$$

Pro $x=0$ platí:

$$\sigma_D = \frac{3 \cdot p}{8 \cdot h^2} \cdot (3 + \nu) \cdot r^2 \quad (51)$$

Ekvivalentní poloměr výpočtové plochy:

$$r = \sqrt{\frac{\sigma_D \cdot 8 \cdot h^2}{3 \cdot p \cdot (3 + \nu)}} \quad (52)$$

$$r = \sqrt{\frac{117,5 \cdot 8 \cdot 6^2}{3 \cdot 0,027 \cdot (3 + 0,3)}} = 350 \text{ [mm]}$$

Čtvercový maximální rozměr mezi podpěrami plechu:

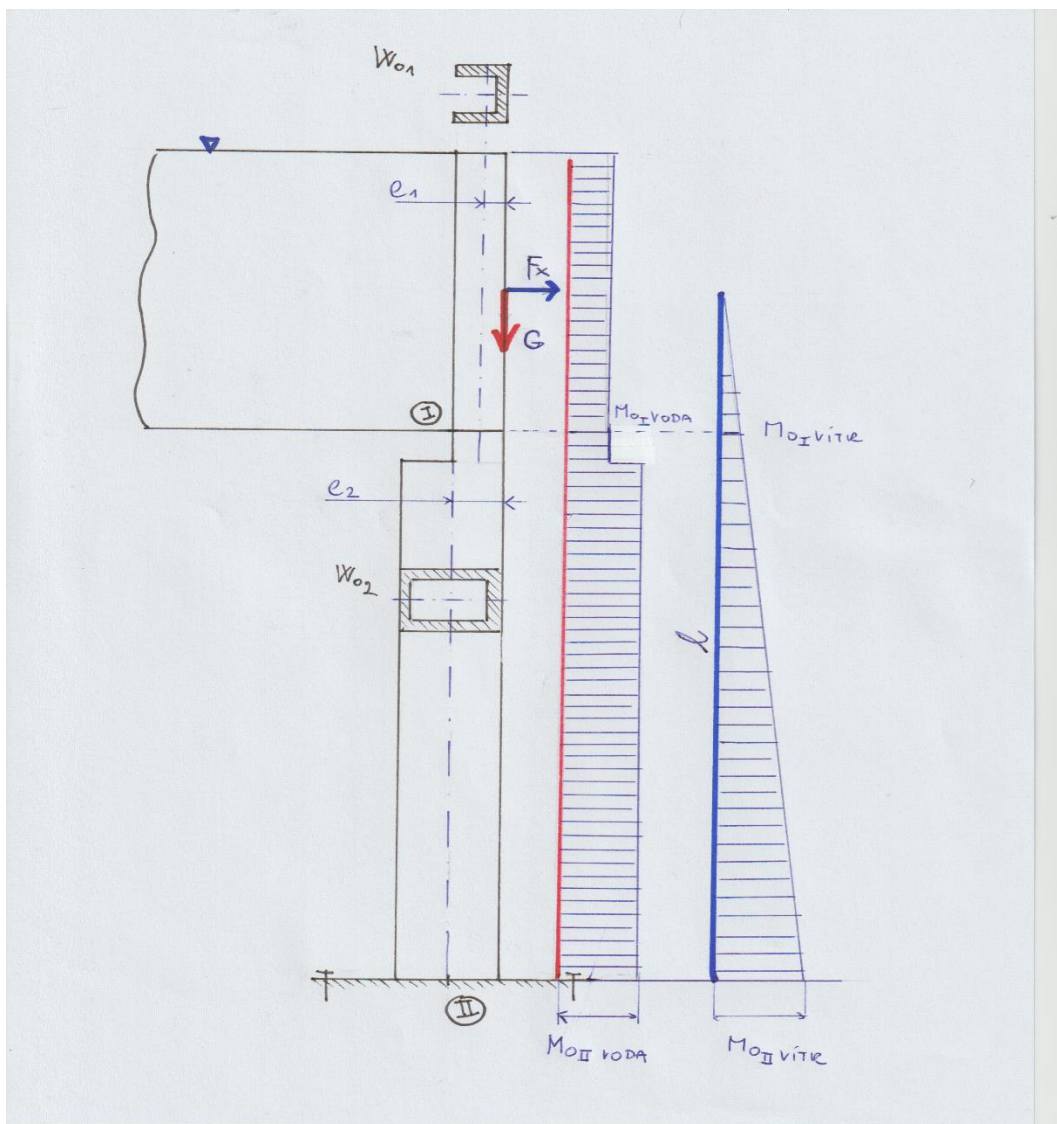
$$S_o = \frac{\pi \cdot (2 \cdot r)^2}{4} = 384846 \text{ [mm}^2\text{]} \quad (53)$$

$$S_o = S_{\square} = 384846 = a^2$$

$$a = 620 \text{ [mm]}$$



4. Napětí na stojně:



Obrázek 35_Momenty stojiny sila [autor]

Ohybové napětí v řezu I:

$$M_{oI} = M_{oI \text{ voda}} + M_{oI \text{ vítr}} \quad (54)$$

$$M_{oI \text{ voda}} = G \cdot e_1 \quad (55)$$

$$M_{oI \text{ voda}} = 9\,392.40 = 3\,615\,680 \quad [\text{N} \cdot \text{mm}]$$

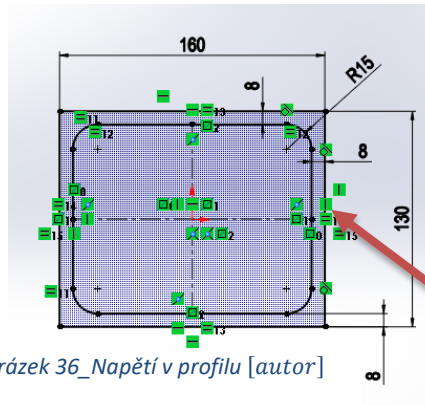
$$W_{o1} = 88\,575 \quad [\text{mm}^3]$$

$$\sigma_I = \frac{M_{oI}}{W_{o1}} \quad (56)$$

$$\sigma_I = \frac{3\,615\,680}{88\,575} = 41 \quad [\text{N}/\text{mm}^2]$$



Tlakové napětí v bodě II:



$$\sigma_{AII} = \frac{G}{A} \quad (57)$$

$$\sigma_{AII} = \frac{66\,500}{4577} = 15 \quad [N/mm^2]$$

Ohybové napětí v řezu II:

$$M_{oII\,voda} = G \cdot e_2 \quad (58)$$

$$M_{oII\,voda} = 66500 \cdot 80 = 5\,308\,580 \quad [N \cdot mm]$$

$$M_{oII\,vitr} = F_x \cdot l \quad (59)$$

$$M_{oII\,vitr} = 1500 \cdot 5282 = 7\,923\,000 \quad [N \cdot mm]$$

$$M_{oII} = M_{oII\,voda} + M_{oII\,vitr} \quad (60)$$

$$M_{oII} = 5\,308\,580 + 7\,923\,000 = 13\,231\,580 \quad [N \cdot mm]$$

$$W_{o2} = 108374,4 \quad [mm^3]$$

$$\sigma_{II} = \frac{M_{oII}}{W_{o2}} \quad (61)$$

$$\sigma_{II} = \frac{13\,231\,580}{108374,4} = 122 \quad [N/mm^2]$$

Celkové napětí v bodě AII:

$$\sigma_{red\,II} = \sigma_{AII} + \sigma_{II} \quad (62)$$

$$\sigma_{red\,II} = 15 + 122 = 137 \quad [N/mm^2]$$

$$k = 1,5 \quad [-]$$

$$\sigma_{red\,II} \leq \sigma_D = \frac{Re}{k}$$

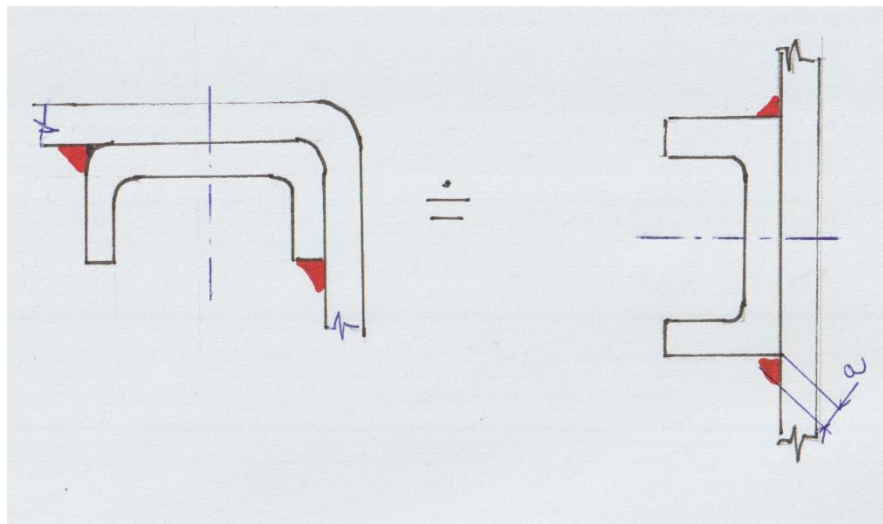


137 ≤ 157 [-]

VYHOVUJE

5. Svary

Zjednodušená náhrada:



Obrázek 37_Zjednodušení [autor]

τ_{\perp} – od větru zanedbávám (neprojeví se)

Dovolené napětí ve svaru:

$$\sigma_D = \frac{R_e}{k} \quad (63)$$

$$\frac{235}{2} = 117,5 \quad [N/mm^2]$$

Součinitel β :

Platí pro $a \leq 7$ [mm]

$$\beta = 1,3 - 0,043 \cdot a \quad (64)$$

$$\beta = 1,3 - 0,043 \cdot 6 = 1,042 \quad [-]$$

Pevnost materiálu svaru:

$$\alpha_{\tau||} = 0.65 \quad [-]$$



Rozměr průřezu svaru volím:

$$a = 6 \text{ mm}$$

Výpočet napětí ve svaru:

$$\tau_{||} = \frac{G}{A_w} = \frac{G}{a \cdot l} \quad (65)$$

$$\tau_{||} = \frac{66\,500}{6 \cdot 2100} = 5,3 \quad [N/mm^2]$$

$$\frac{\tau_{||}}{\alpha_{\tau_{||}}} \leq \beta \cdot \sigma_D \quad (66)$$

$$\frac{5,3}{0,65} \leq 1,042 \cdot 117,5$$

$$8,12 \leq 122,4 \quad [-]$$

VYHOVUJE

6. Vzpěr

Postup výpočtu byl analogický ke zdroji [35], úloha „Vzpěr“ str. 77.

4. případ vzpěru

$$i_{min} = \sqrt{\frac{J_{min}}{A}} \quad (67)$$

$$i_{min} = \sqrt{\frac{8669952}{4577}} = 43,5 \quad [mm]$$

$$l_v = 4132 \quad [mm]$$

Štíhlost řešeného prutu:

$$\lambda = \frac{l_v}{i_{min}} \quad (68)$$

$$\lambda = \frac{4132}{43,5} = 95 \quad [-]$$

Mez úměrnosti:

$$\sigma_u = 188 \quad [N/mm^2]$$

Mezní štíhlost:

$$\lambda_{mez} = \sqrt{n \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{\sigma_u}} \quad (69)$$

$$\lambda_{mez} = \sqrt{4 \cdot \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5}{188}} = 210 [-]$$



Protože je $\lambda < \lambda_{mez}$ počítám kritickou sílu dle Tetmajerova vztahu:

$$F_{kr} = \sigma_{krI} \cdot A = \left[\sigma_k - \frac{\sigma_k - \sigma_u}{\lambda_{mez}} \cdot \lambda \right] \cdot A \quad (70)$$

$$\sigma_k = Re = 235 \quad [N/mm^2]$$

$$F_{kr} = \sigma_{krI} \cdot A = \left[235 - \frac{235 - 188}{210} \cdot 95 \right] \cdot 4577 = 978\,279 [N]$$

$$F_D \leq \frac{F_{kr}}{k}$$

$$F_D \leq \frac{978\,279}{4} \quad [-]$$

$$F_D = 245 \quad [kN]$$

$$F_D > G$$

$$245 > 67 \quad [kN]$$

VYHOVUJE

7. Předpětí na šroubech

Výpočet dle zdroje [34] kapitola „kapitola předpětí šroubu“.

$$M_{kk} = M_k + M_{TM} = Q_0 \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \text{tg}(\gamma + \varphi) + Q_0 \cdot \rho_{TM} \cdot f_{TM} \quad (71)$$

Hodnoty odečtené pro vlastnosti šroubu 8.8 M30 zdroj [15].

Součinitel tření a utahovací moment:

Utahovací momenty vyjmuty ze zdroje [36].

$$\mu = 0,14 \quad [-]$$

$$M_{\max \text{ utahovací}} = 1500 \quad [Nm]$$

$$\text{Volím } M_{kk} = 450 \quad [Nm]$$

Úhel stoupání závitu:

$$\text{tg} \gamma = \frac{s}{\pi \cdot d_2} \quad (72)$$

$$\gamma = \arctg\left(\frac{3,5}{\pi \cdot 27,727}\right) = 2,3 [^\circ]$$

Třecí úhel závitu:

$$\varphi = \arctg(0,14) \quad (73)$$

$$\varphi = 8 \quad [^\circ]$$



Střední průměr matice zkoumané na otláčení:

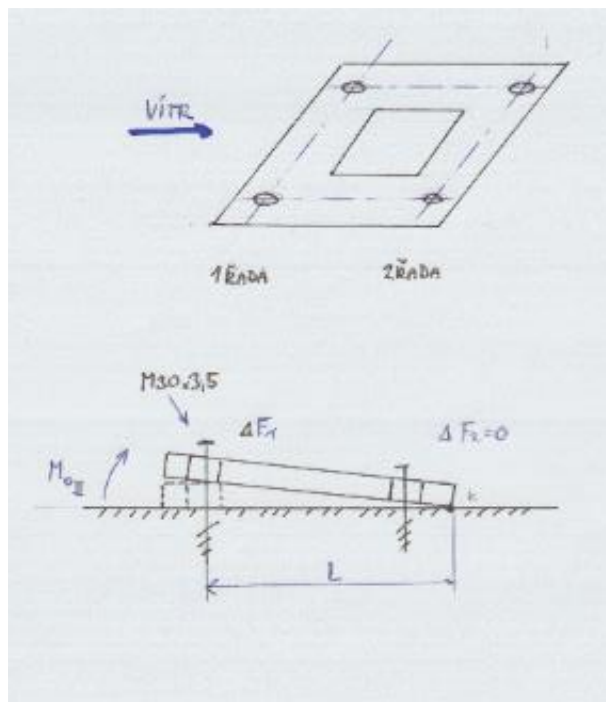
$$\rho_{TM} = \frac{s+D_{\text{šroubu}}}{4} + d_{\text{šroubu+vůle}} \quad (74)$$

$$\rho_{TM} = \frac{46+33}{4} = 19,75 [mm]$$

Osová síla předpětí šroubu:

$$Q_0 = \frac{M_{kk}}{\frac{d_2}{2} \cdot \text{tg}(\gamma + \phi) + \rho_{TM} \cdot \mu} \quad (75)$$

$$Q_0 = \frac{450}{\frac{0,0277}{2} \cdot \text{tg}(2,3+8) + 0,01975 \cdot 0,14} = 86\,234 [N]$$



Obrázek 38_Umístění šroubů [autor]

Celková osová síla předpětí šroubu:

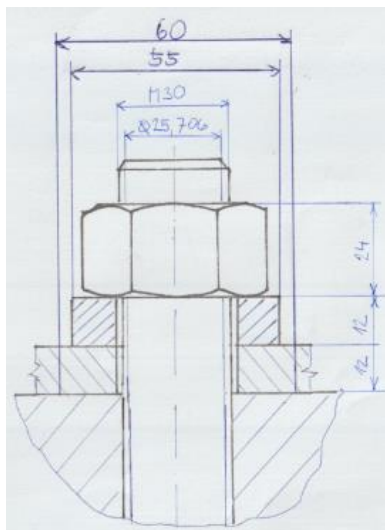
$$|M_{oII}| = 2 \cdot \Delta F_1 \cdot L \quad (76)$$

$$F_1 = \frac{|M_{oII}|}{2 \cdot L} \quad (77)$$

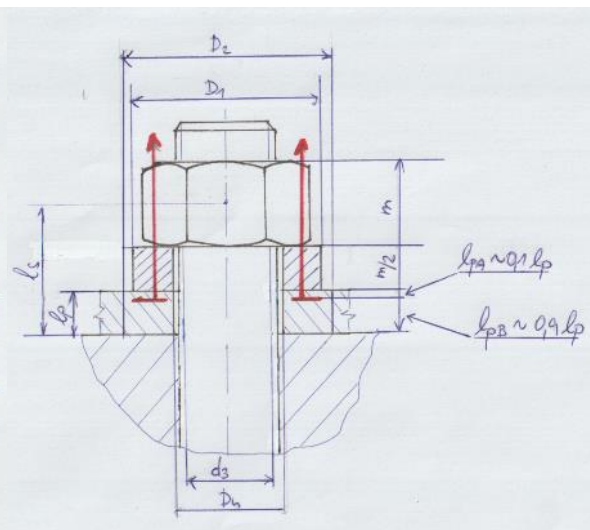
$$F_1 = \frac{|13\,231\,580|}{2 \cdot 500} = 13\,232 [N]$$

$$Q_1 = Q_0 + F_1 = 80\,292 + 13\,232 = 99\,465 [N] \quad (78)$$

$$Q_1 = 100\,000 [N]$$



Obrázek 39_Rozměry šroubu [autor]



Obrázek 40_Obecné rozměry šroubu pro výpočet [autor]

Konstanty tuhosti závitová tyč M30:

Tuhost matice zanedbána

$$S_{lpa} = \frac{\pi}{4}(D^2 - D_2^2) \quad (79)$$

$$S_{lpa} = \frac{\pi}{4}(60^2 - 32^2) = 2023 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$l_{pa} = 0,1 \cdot l_p \quad (80)$$

$$l_{pa} = 1,2 \text{ [mm]}$$

$$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Tuhosti náhradní trubky ve spoji:

$$C_{lpa} = \frac{E \cdot S_{lpa}}{l_{pa}} \quad (81)$$

$$C_{lpa} = \frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot 2023}{1,2} = 354025000 \text{ [N/mm]}$$

$$l_{pb} = 0,9 \cdot l_p \quad (82)$$

$$l_{pb} = 10,8 \text{ [mm]}$$

Obsah jádra šroubu:

$$S_3 = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \quad (83)$$

$$S_3 = \frac{\pi \cdot 25,706^2}{4} = 519 \text{ [mm}^2\text{]}$$



Tuhost šroubu:

$$l_s = 24 \quad [mm]$$

$$C_s = \frac{E \cdot S_3}{l_s} \quad (84)$$

$$C_s = \frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot 519}{24} = 4\,541\,250 \quad [N/mm]$$

Celková tuhost přitěžovaných součástí šroubového spoje:

$$\frac{1}{C_1} = \frac{1}{C_s} + \frac{1}{C_{lPa}} \quad (85)$$

$$\frac{1}{C_1} = \frac{1}{4\,541\,250} + \frac{1}{3\,540\,574\,92}$$

$$C_1 = 4483740 \quad [N/mm]$$

Celková tuhost odlehčovacího členu šroubového spoje:

$$C_2 = \frac{E \cdot S_{T2}}{l_{pb}} \quad (86)$$

$$C_2 = \frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot 2023}{10,8} = 39\,336\,111 \quad [N/mm]$$

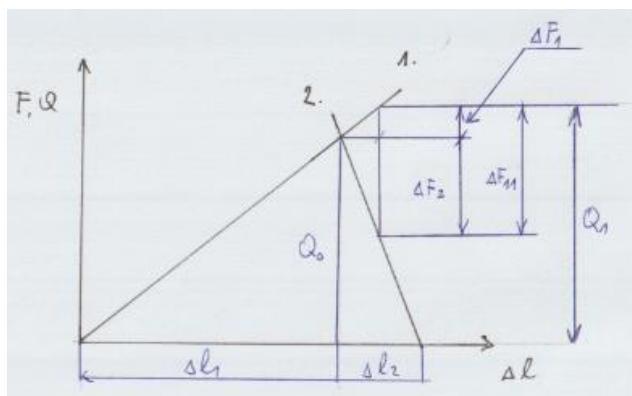
$$C_1 = 4483740 \quad [N/mm]$$

$$C_2 = 39336111 \quad [N/mm]$$

Úhel přímk předpjatého diagramu:

$$\text{Arctg}(C_1) = \psi_1 \quad [^\circ] \quad (87)$$

$$\text{Arctg}(C_2) = \psi_2 \quad [^\circ] \quad (88)$$



Obrázek 41_Předpětový diagram silového spoje [autor]



8. Kontrola šroubu a matice podle hypotézy HMM:

$$\sigma_{Q1} = \frac{Q_1}{S_3} \quad (89)$$

$$S_3 = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} = \frac{\pi \cdot 25,7^2}{4} = 519 \text{ [mm}^2\text{]} \quad (90)$$

$$\sigma_{Q1} = \frac{100\,000}{519} = 193 \text{ [N/mm]} \quad (91)$$

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_{k3}} = \frac{Q_0 \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \text{tg}(\gamma + \phi)}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{16}} \quad (91)$$

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_{k3}} = \frac{80\,292 \cdot \frac{27,7}{2} \cdot \text{tg}(2,3+8)}{\frac{\pi \cdot 25,7^3}{16}} = 60,6 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_{Q1}^2 + 3 \cdot \tau_k^2} \quad (92)$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{193^2 + 3 \cdot 60,6^2} = 219 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\frac{Re\check{s}}{\sigma_{red}} = k\check{s} \geq k_s \text{ min} \quad (93)$$

$$\frac{640}{219} = k\check{s} \geq k_s \text{ min}$$

$$2,92 \geq 1,5 \quad [-]$$

VYHOVUJE pro Šroub M30 pevnostní třídy 8.8 dle ČSN 021143

Kontrola na otláčení v závitu:

$$p_z = \frac{Q_1}{\pi \cdot d_2 \cdot H_{1,z}} \leq p_{zD} \quad (94)$$

$$p_z = \frac{100\,000}{\pi \cdot 27,7 \cdot 1,894 \cdot 6,9} \leq p_{zD}$$

$$89 \leq 150 \quad [\text{MPa}]$$

VYHOVUJE pro Šroub M30 pevnostní třídy 8.8 dle ČSN 021143

Kontrola na otláčení pod maticí:

$$p_M = \frac{Q_1}{\frac{\pi \cdot (D_2^2 - D_1^2)}{4}} \leq p_{zD} \quad (95)$$

$$p_M = \frac{100\,000}{\frac{\pi \cdot (46^2 - 33^2)}{4}} \leq p_{zD}$$

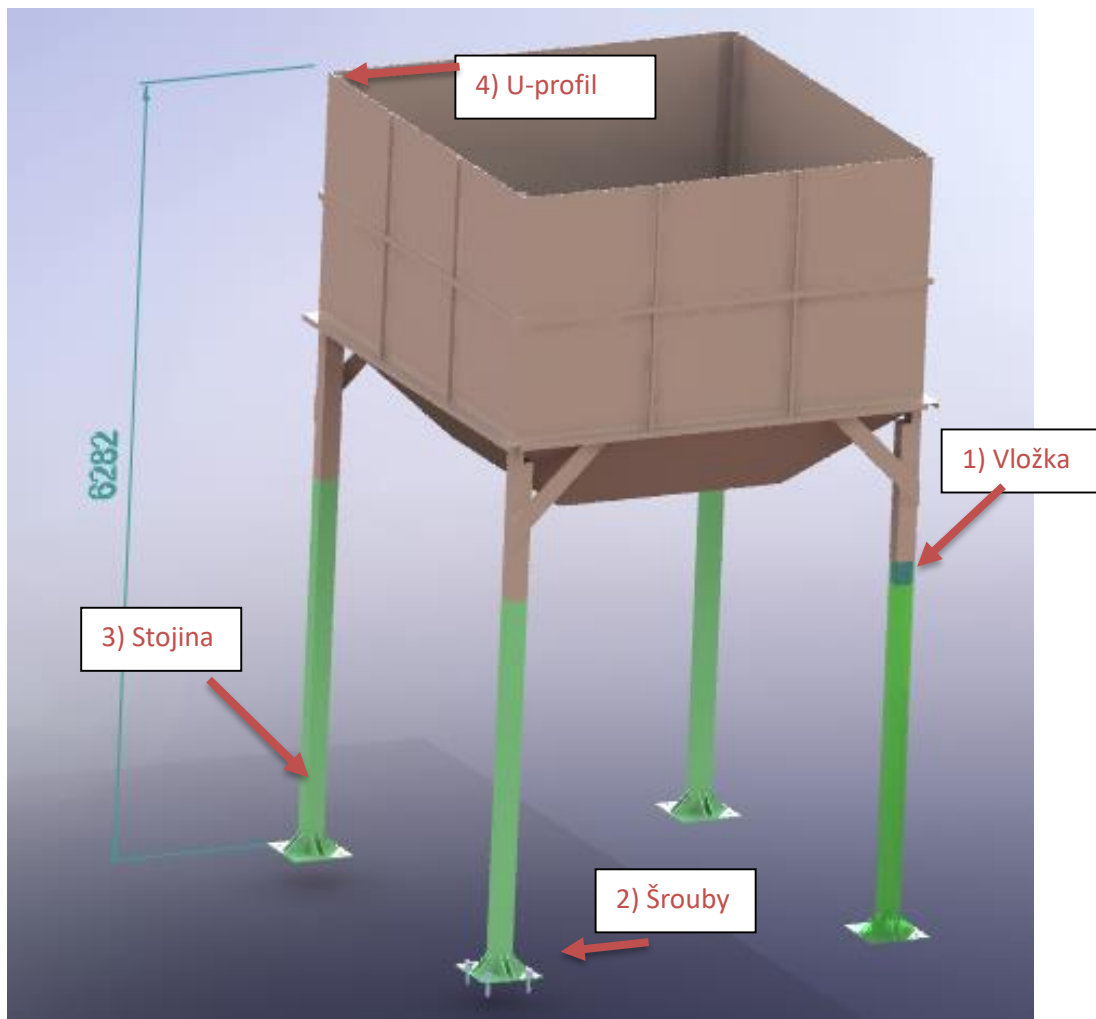
$$123 \leq 640 \quad [\text{MPa}]$$

VYHOVUJE pro Šroub M30 pevnostní třídy 8.8 dle ČSN 021143



9. MPK MODELOVÝ VÝPOČET V PROGRAMU ABAQUS

9.1. Preprocessing

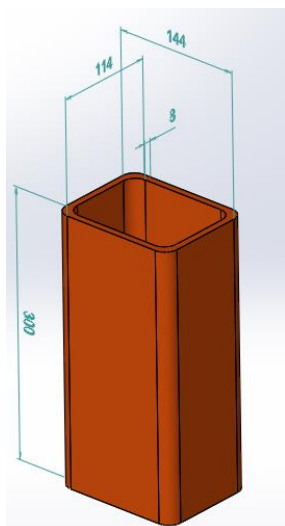


Obrázek 42_3D model sila [autor]

Pro zjednodušení byly závitový šroubový spoj (závitová tyč se šestihrannou maticí) nahrazen šroubem s válcovou hlavou.

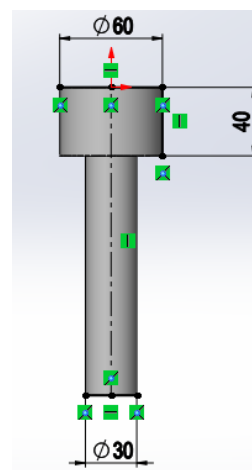


1) Vložka



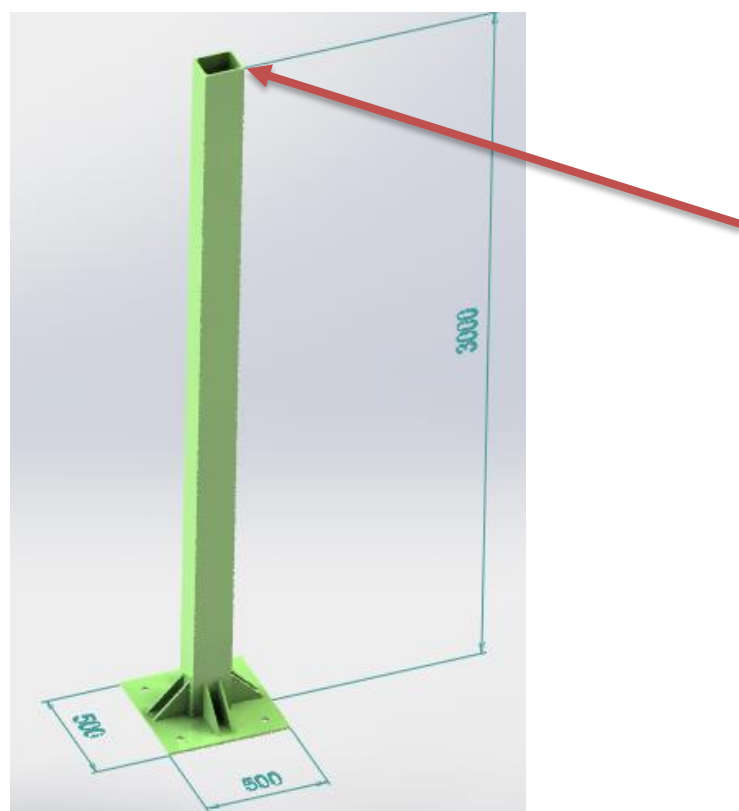
Obrázek 43_vložka [autor]

2) Šroub

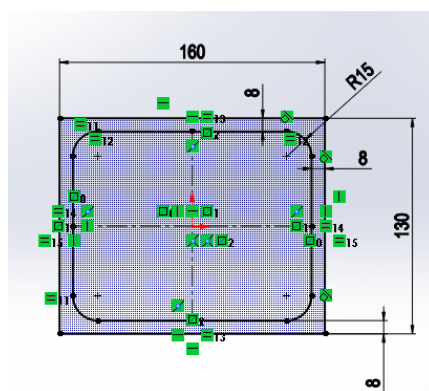


Obrázek 44_šroub [autor]

3) Stojina



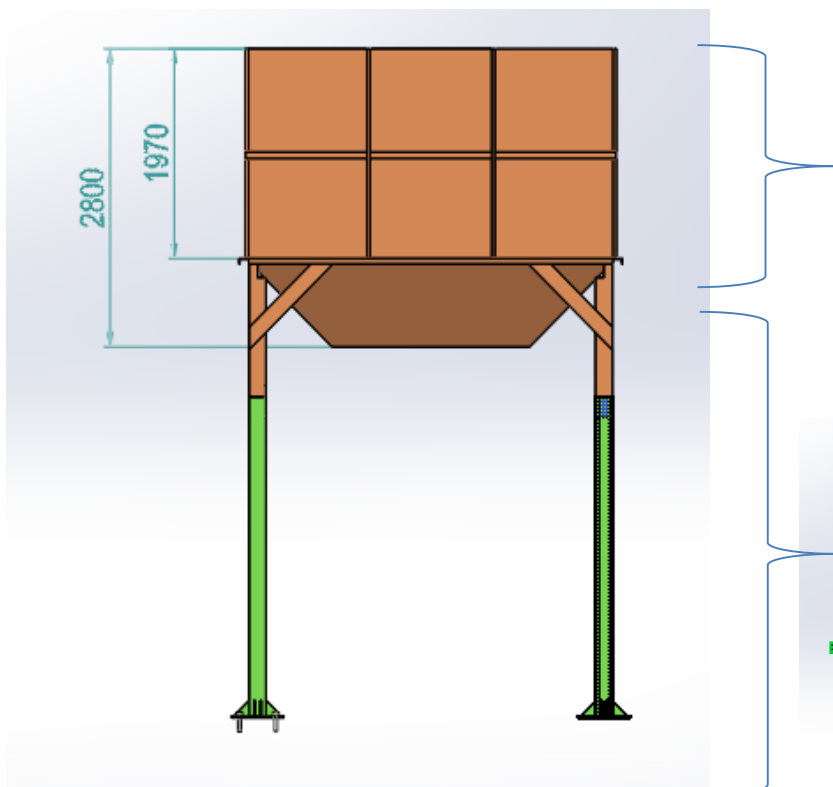
Obrázek 45_stojina [autor]



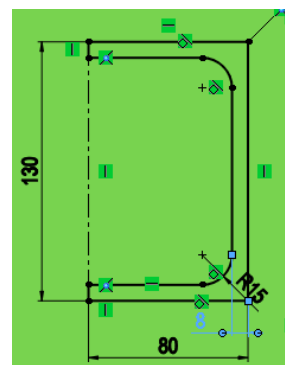
Obrázek 46_Profil II [autor]



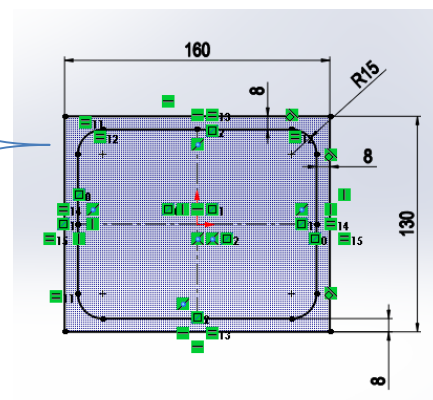
4) U-profil



Obrázek 47_Umístění profilů na silu [autor]

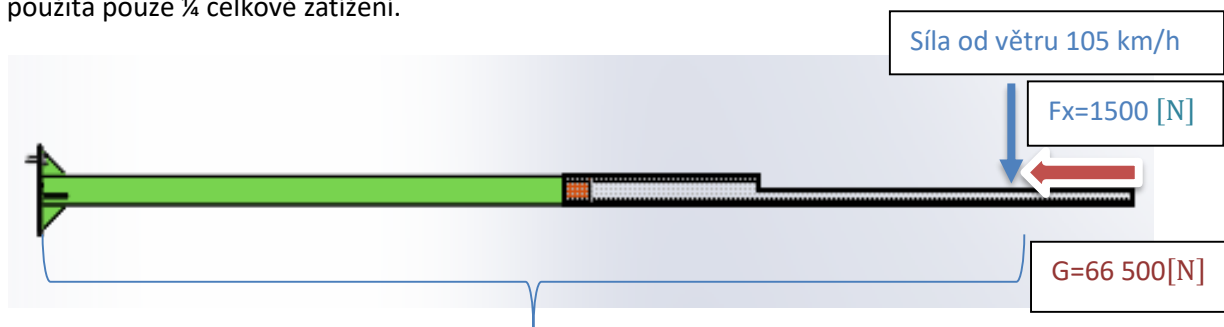


Obrázek 45_Profil I [autor]



Obrázek 46_Profil II [autor]

Pro zjednodušení výpočtového modelu byl do programu Abaqus vložen pouze jeden ze „sloupů“ a použita pouze ¼ celkové zatížení.



Obrázek 48_Umístění zatížení stojiny [autor]

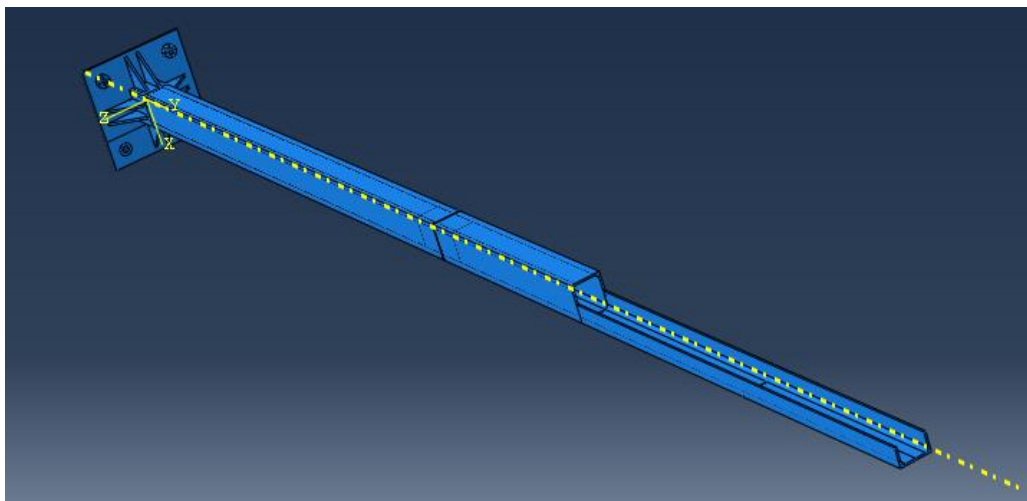
5282mm

Vlastní tíha konstrukce + voda v nádrži

Šrouby jsou v programu pouze na tahové straně nosníku.



Pohled na všechny součásti po sestavení v kartě „Assembly“ .



Obrázek 49_Sestavení v sekci Assembly [autor]

Návrh materiálu

Volím nejslabší ocel S235JRG1 (11 373), předpokládám nejnižší možnou pevnost pro kontrolu reálného síla. Všechny díly včetně šroubů počítám pro tuto ocel.

Mechanické vlastnosti							
Polotovár	[1] [2] [3]			[4]		[5]	
Rozměr t, d [mm]	≤ 16	16–40	40–100	3–16	16–40	≤ 16	16–40
Stav	.0			.0 nebo .1		.0	
Mez kluzu R_{eH} [MPa] min	235	225	205	235	225	235	225
Mez pevnosti R_m [MPa]	340–470			340–470		340–470	
Tažnost A_5 [%] podél min	26		25	24		26	
Nárazová práce KV [J] min	27			27		27	

Tabulka 10_Vlastnosti materiálu

Zdroj: ČSN 41 1373 materiálový list

V Programu byly zadány následující parametry materiálu:

Hustota – 7850 $[kg/m^3]$

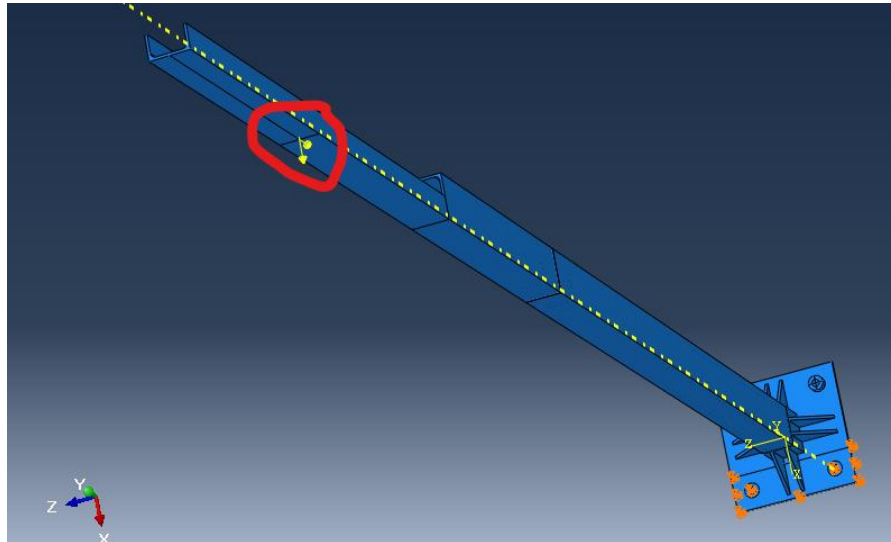
Yongův modul – $2.1 \cdot 10^5$ $[N/mm^2]$

Poissonova konstanta – 0.3 $[-]$



Umístění sil

Síla zatížení, která působí na celou sestavu je umístěna dle obrázku. Síla F_x ve směru „x“ a Tíhová síla G ve směru „-y“.



Obrázek 50_Zobrazení sil [autor]

Step:

Výpočet byl proveden ve dvou krocích. V prvním je zahrnuto ukotvení patky a obou šroubů. Ve druhém kroku je zahrnuta síla F_x a G .

Parametry zatížení:

- | | | |
|-----------------------------------|---------|-----|
| 1) Časová perioda: | 1 | [s] |
| 2) Maximální počet inkrementů: | 100 | [—] |
| 3) Počáteční velikost inkrementu: | 0,1 | [—] |
| 4) Minimální počet inkrementu: | 0,00001 | [—] |
| 5) Maximální velikost inkrementu: | 1 | [—] |

Interaction:

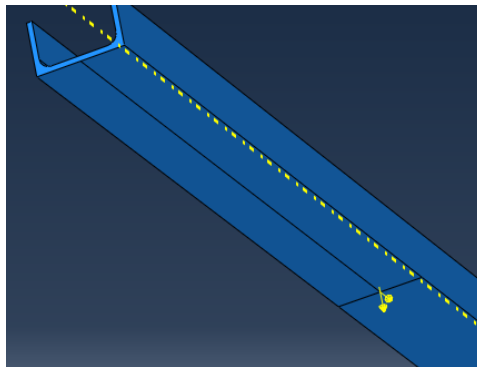
Vložka spojující profily, byla zavazbena pomocí Tie kinematické vazby „surface to surface“.

K dosažení reálného výsledku bylo nutné vytvořit „Coupling“ vazbu, a spojit tak více bodů do jednoho referenčního. Tomuto referenčnímu bodu byly odebrány stupně volnosti a rotace, aby dosaženo horní tuhé části konstrukce, která je ve skutečnosti vyztužena pomocí skořepiny a dalších stojin. Tím byla dosažena vlastnost konstrukce jako prutové soustavy.



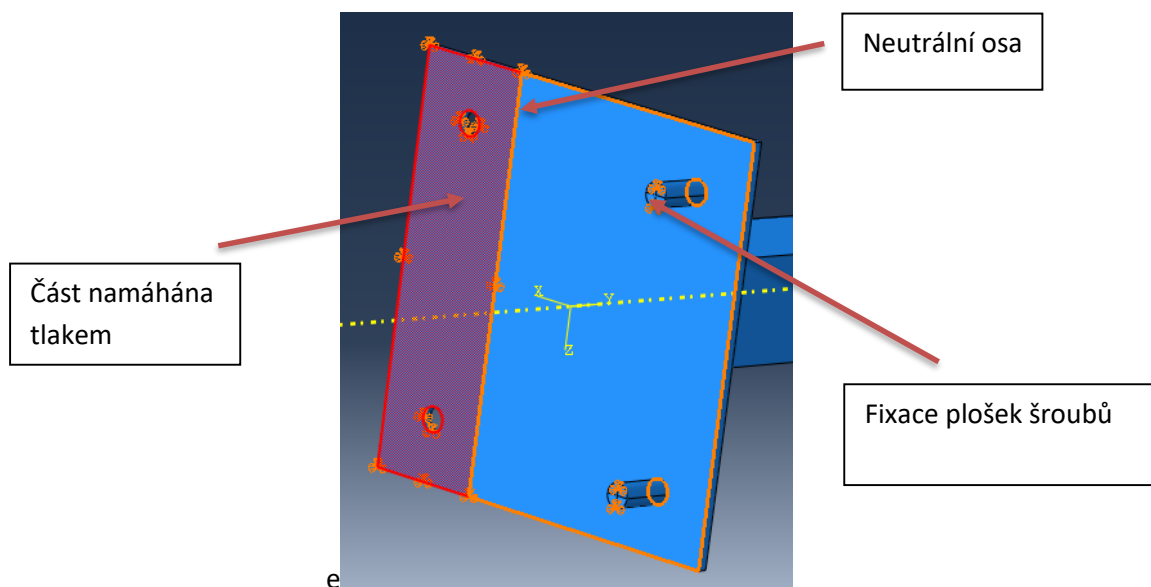
Load:

Aby síly byly umístěny do středu plochy U-profilu, bylo nutné vytvořit referenční body.



Obrázek 51_Detail umístění [autor]

Ukotvení bylo provedeno z důvodu snížení reakčních ploch tak, aby zde byly přítomny pouze šrouby namáhané tahem. Jejichž spodní plošky jsou fixovány nulovým posunem do všech tří os, což je předpoklad zabetonování. Tlaková část je stejně zafixována. Rozdělení určuje neutrální osa odvozená od superpozice jednotlivých profilů a vzdálenosti zatížení od os profilů.

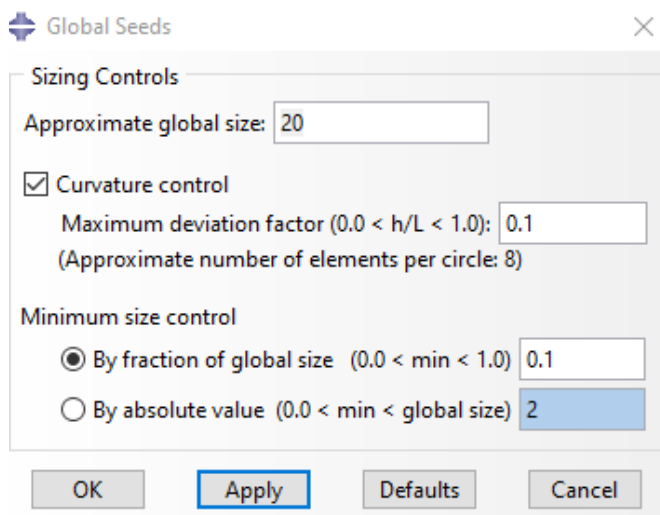


Obrázek 52_Neutrální osa namáhání [autor]



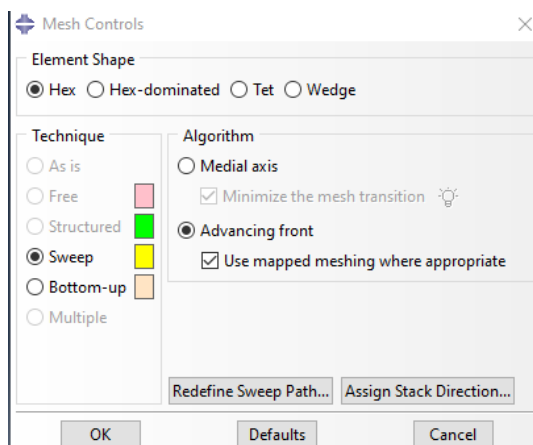
Mesh:

„Seedování“ bylo nastaveno u všech součástí následovně, kromě požadavku na detailnější šroub, kde je „seedování“ nastaveno na hodnotu 4 pro přesnější vykreslení.



Obrázek 53_Volba „seeds“ [autor]

Vlastnosti elementů:



Obrázek 54_Vlastnosti elementů [autor]

Vše síťováno standardním způsobem pomocí „Element shape-Hex“ a techniky „Sweep“.



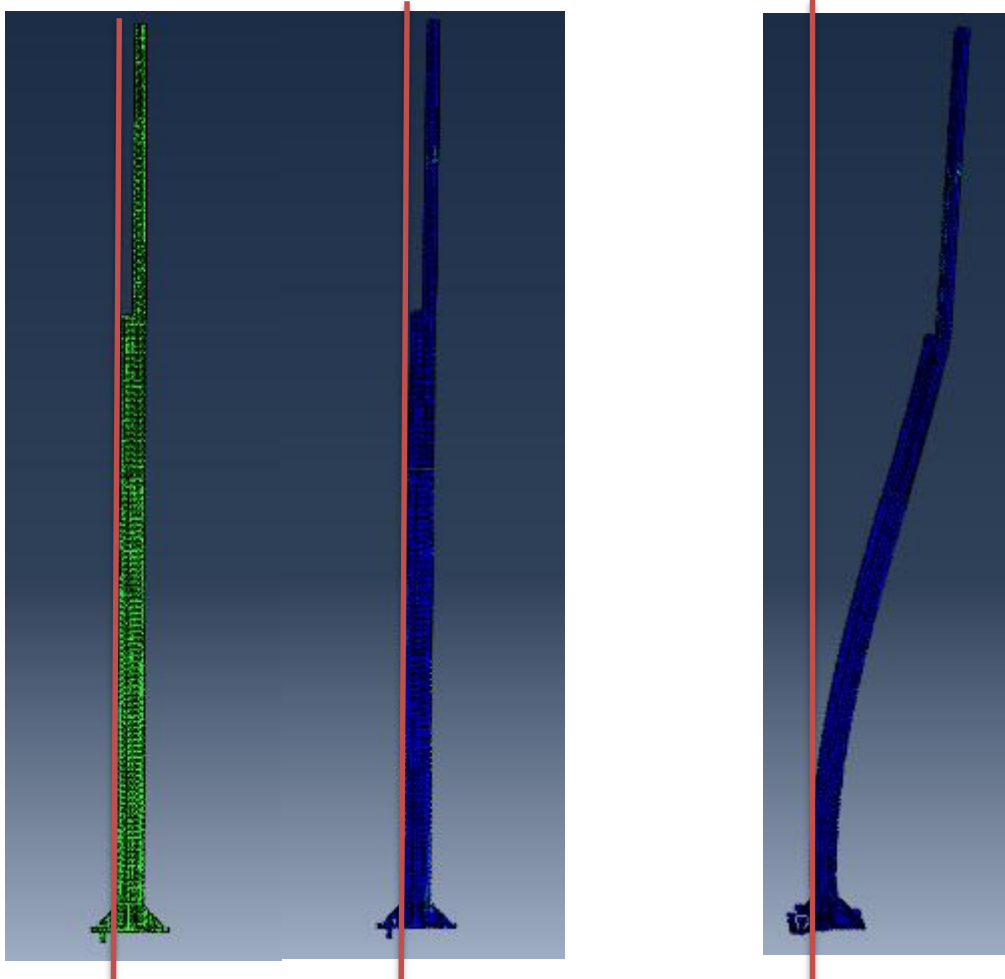
9.2. Postprocessing:

Vizualizace simulace:

Počáteční poloha vlevo

Konečná poloha vprostřed

Zvětšené deformace 200x

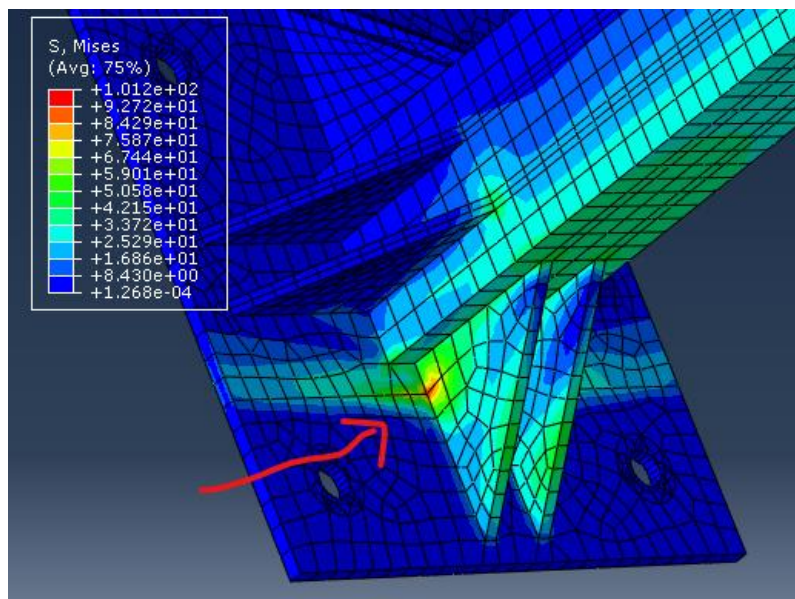


Obrázek 55_Porovnání [autor]



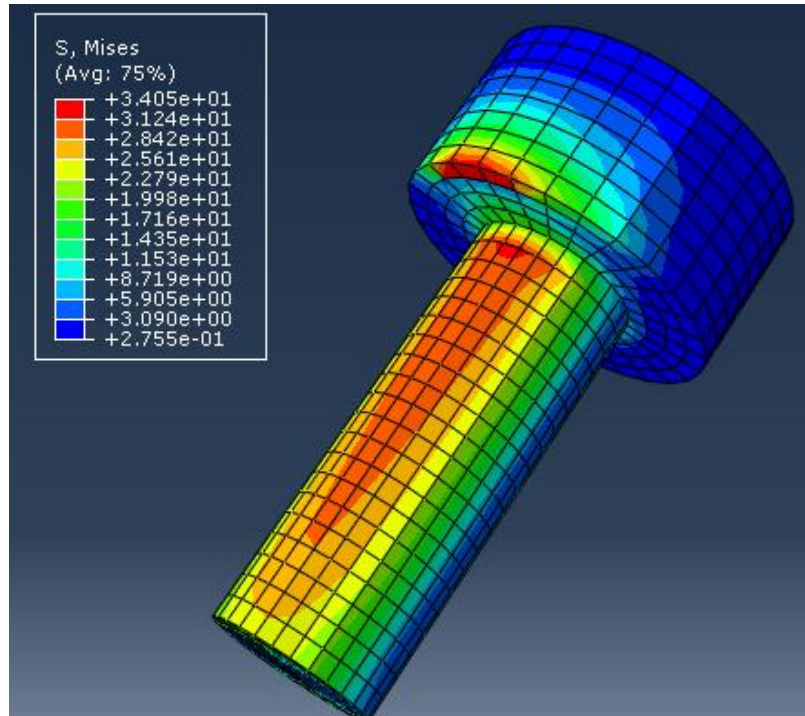
Detaily kritických míst:

Maximální napětí stojiny $S_{red,max} = 101 [N/mm^2]$



Obrázek 56_Kritické místo paty [autor]

Maximální napětí šroubu $S_{red,max} = 34 [N/mm^2]$



Obrázek 57_Napětí ve šroubu [autor]



9.3. Závěr MKP:

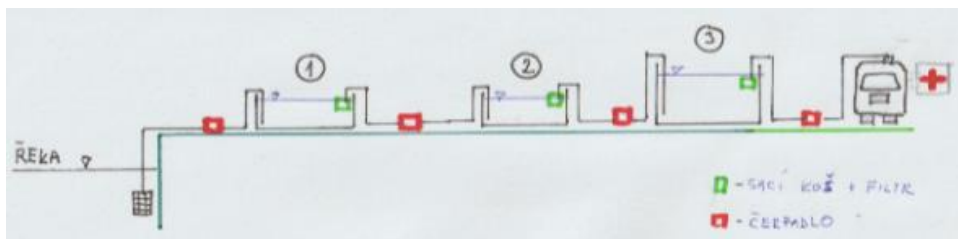
Vzhledem k vypočtené hodnotě maximálního napětí v očekávaném místě paty stojiny o hodnotě $176 [N/mm^2]$ lze konstatovat, že konstrukce je schopna odolat tomuto typu zatížení. Šroubové spojení M30 pevnostní třídy 8.8 je vhodné a s přehledem dostačující.

Silo dle výsledků je konstrukčně vhodné a splňuje bezpečnostní podmínky pro jímání srážkové vody. Dále také splňuje podmínky pro nádrž polních nemocnic na rovném terénu, kde lze využít převýšení, a zajistit tak fungování nemocnice i v případě výpadku elektrické energie. Z nedostačující stočné plochy s ním však nelze počítat jako se stabilním zdrojem vody. Lze ho pouze využít jako doplněk zdroje, případně lze tuto plochu navýšit. Takovýto typ konstrukce lze využít pro polní nemocnice ve válečných konfliktech, například v Iráku či v Kongu, na Haiti jako předřadnou nádrž možnou k doplnění z dovozu.

Kombinace výkopu a plachty lze využít jako neúčinnější prostředek k udržení srážkové vody. Tento typ zprostředkování vody je vhodný všude, kde trpí nedostatkem vody. V zónách válečného konfliktu je však nutno poukazovat na snadnou poruchovost.

10. ROZPOČETNICTVÍ:

10.1. Rozpočet pro čerpání vody z vodních zdrojů:



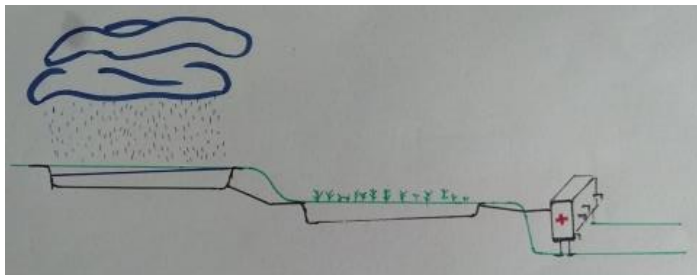
Obrázek 58_Skica čerpání vody z řeky [autor]

Prvek	cena/ks (Kč)	ks	Výrobní číslo	Popis	Celková cena
Čerpadlo	8000	4	CALPEDA NGX	Q=8,4 m3/h	32000
Hadice	1300	8	Požární hadice PH	52mm	10400
Sací koš	2300	4	A110		9200
Nafukovací bazen	1500	3	Intex 21120NP	Průměr 4,hl, 1m	4500
Nádrž na vodu	2500	4	IBC	1000l	10000
Nákladní auto	50000	1	Iveco ML 80	nosnost 4t	50000
					116100

Tabulka 11_Rozpočet pro čerpání vody z řeky [autor]



10.2. Rozpočet pro stáčení srážkové vody

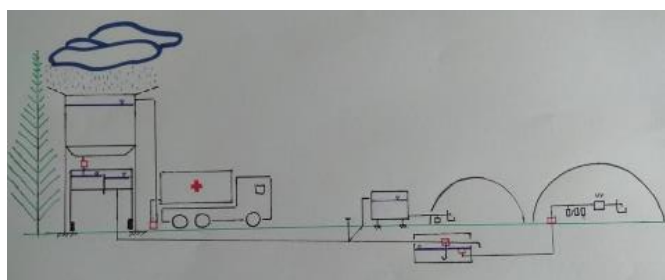


Obrázek 59_Skica stáčení dešťovky [autor]

Prvek	cena/ks (Kč)	ks	Výrobní číslo	Popis	Celková cena
Plachta	8000	1	Proteko nepromok	40x40	8000
Potrubí	1900	1	Trubka Merabell Classic	10m DN12,nerez	1900
Nádrž na vodu	2500	4	IBC	1000l	10000
					19900

Tabulka 12_Rozpočet pro stáčení a filtraci pomocí bazénku a kořenové čističky [autor]

10.3. Rozpočet pro stáčení srážkové vody do sila



Obrázek 60_Skica stáčení pomocí sila [autor]

Prvek	cena/ks (Kč)	ks	Výrobní číslo	Popis	Celková cena
Čerpadlo	8000	1	CALPEDA NGX	Q=8,4 m3/h	8000
Sílo	40000	1			40000
Hadice	1300	1	Požární hadice PH	52mm	1300
Sací koš	2300	4	A110		9200
Nádrž na vodu	2500	1	IBC	1000l	2500
Nákladní auto	50000	1	Iveco ML 80	nosnost 4t	50000
Plachta	2000	1	Proteko nepromok	10x10	2000
Akumulační nádrž	15000	1		4000l	15000
Revezní osmoza	5000	1	Aquaohor osmo		5000
UV lampa	4000	1	Dionela UF001		4000
Okapový filtr	1500	1	AS-plurafit		1500
samočistící filtr	6000	1	AS-purein		6000
					144500

Tabulka 13_Rozpočet pro stáčení do sila [autor]

Jedná se o hrubý náčrt fixních cen. Celý proces je nutné dotovat financemi vynaloženými na benzín, chlor, syřidlo. Zároveň není započítána práce a údržba či elektřina.



11. Závěr

Rekapitulace cílů této bakalářské práce

Hlavním cíl této bakalářské práce

1) Návrh možného řešení nedostatku vody s ohledem na co nejnižší finanční náklady v improvizovaných polních podmínkách, kdy by watsan použil silo jako uložisti vody. Toto silo bude pevnostně ověřeno a následně navrženo do vhodného provozu.

Vedlejší cíle

1) Provést porovnání typizovaných nemocnic vzhledem k množství vody v závislosti na lokalitě.

2) Vysvětlit základní principy hospodaření se srážkovou vodou.

3) Seznámit s profesí watsan.

V úvodních kapitolách byla popsána společnost Lékařů bez hranic, jejich působnost ve světě, kam rozesílají své skupiny pracovníků. Stručně zde byl uveden technický specialista na hospodaření s vodou neboli watsan, kterou disponuje tato společnost. Z této společnosti bylo vyjmuto několik typizovaných nemocničních center se stručným popisem, na jaký typ katastrof a v jakých lokalitách jsou využívány. Pro tyto lokality byly dohledány a vypočteny roční dešťové úhrny srážek. Ty posléze byly využity ke konečnému zhodnocení efektivity použití sil a jiných prostředků pro jímání. Pro jednotlivé nemocnice byla navržena doporučení, která by mohla řešit nedostatky v polních nízkorozpočtových podmínkách.

V páté kapitole byly nastíněny způsoby dodávky vody, hospodaření s vodou a nastíněna jejich realizace. To znamená kompletní přetvoření ze surové znečištěné vody z řek, až po výtok čisté nekontaminované vody nutnou pro chirurgii.

Principy fungování a konstrukce byly popsány v kapitole 6, tedy typy filtrů od výkonných čističů až po nízkorozpočtové způsoby filtrace vody pro velké množství lidí, které by watsan musel improvizovaně navrhnout. Dále byly popsány jednotlivé způsoby uchovávání vody v nádržích a nastíněny způsoby, jak lze vodu do nádrží dopravovat. Opět je zde porovnání situace, kdy máme dostatek finančních prostředků, a lze tedy použít čerpadla nebo je nutné improvizovat s velmi nízkými rozpočty a absencí elektrického napojení. U čerpadel byly zmíněny typické závady a jejich oprava. A u způsobů čerpání vody bez proudu byly provedeny konstrukční výpočtové návrhy. Jako zpětná kontrola správně navržených systémů je nutné provést rozbor pitné vody.

V kapitole 7 je poukázáno na nežádoucí látky a způsoby, kterými se do oběhu dostávají a jejich následná eliminace. Pokud by watsan tuto kontrolu opomíjel, jsou zde uvedeny i rizika na lidské zdraví, se kterými si zahrává. Pokud bychom byli vysláni na misi, je nutné počítat s nedostatečným zásobováním a byla by zde nutnost vystačit si s tím, co je. To znamená



například využití starého sila na obilí jako nádrž pro jímání dešťové a dovezené vody. Pevnostní kontrola byla provedena s předpokladem, kdy nemáme dostatek informací o dané konstrukci ani v jakém stavu se nachází. To znamená, že veškeré výpočty byly prováděny s materiály nejnižší pevnosti tak, aby byla zajištěna jejich bezpečnost, případně dle potřeby byla navržena případná opatření. Tento případ byl v této práci ilustrován a byly provedeny výpočty tenkostěnné nádoby, její nutná vyztužení a popis napětí v celé konstrukci s netradičním zatížením. U konstrukce byly provedeny kontroly pevnosti svarů, kontrola stojin z hlediska vzpěru a rovněž byly navrženy a zkontrolovány šroubové spoje ukotvení stojin. To vše bylo ještě zkontrolováno metodou MKP v modelovacím a simulačním programu Abaqus, kde jsem konkrétně zobrazil problémová místa a následně zhodnotil a potvrdil, že dané silo jako způsobilé k tomuto typu zatížení, které bylo ilustrováno ve formě samotné tíhy konstrukce, tíže 25 000 litrů vody a bočního větru. Zpětně byly zhodnoceny z hlediska financí jednotlivé typy vodních systémů a doporučeny do jednotlivých typizovaných center, která byla popsána v kapitole 4. Tato práce by měla posloužit jako jakýsi úvodní manuál pro uchazeče o toto zaměstnání.

Všechny vytyčené cíle bakalářské práce byly splněny.



12. Symboly

S_1	$[m^2]$	plocha půdorysného průmětu síla	(1)
a_1	$[m]$	rozměr čtvercovitého síla	(1)
S_2	$[m^2]$	plocha půdorysného průmětu bazénku	(2)
a_2	$[m]$	rozměr čtvercového bazénku	(2)
Q_{ds1}	$[m^3/rok]$	stok síla pro jednotlivé země	(3)
Q_{db1}	$[m^3/rok]$	stok bazénku pro jednotlivé země	(4)
ψ	$[-]$	koeficient odtoku ploché střecha plast (plachta)	(3)
η	$[-]$	účinnost samočisticího filtru	(3)
$h_{1,2,3,4}$	$[m^3/rok]$	průměrné roční úhrny srážky v jednotlivých zemích	(3)
η	$[-]$	<i>hydraulická účinnost filtru</i>	(3)
n	$[-]$	počet osob umožňujícím vyžití při spotřebě pitné vody 5 l/den	(3)
V_a	$[m^3]$	akumulační objemu nádrže	(5)
p	$[-]$	předpokládaná bezdeštná doba cca 21 dnů	(5)
a	$[dny]$	provozní doba objektu – 365	(5)
H_{ξ}	$[m]$	stanovení dopravní výšky čerpadla	(6)
Δp_{RF12}	$[kPa]$	ztráty v potrubí	(6)
ρ	$[kg/m^3]$	hustota vody	(6)
g	$[m/s^2]$	tíhové zrychlení	(6)
n	$[-]$	počet posuzovaných úseků	(6)
Δp_{RF1}	$[kPa]$	tlakové ztráty v potrubí	(7)
Δp_{Fj}	$[kPa]$	tlaková ztráta vlivem místních odporů <i>posuzovaném úseku</i>	(7)
R	$[kPa/m]$	délková tlaková ztráta třením v posuzovaném úsek	(7)
l	$[m]$	délka posuzovaného úseku potrubí	(7)
Δp_{RF2}	$[kPa]$	ztráty v potrubí vlivem místních odporů	(8)
ξ	$[m^3/rok]$	<i>součinitel místního odporu (tabulky výrobce)</i>	(8)
v	$[m/s]$	<i>průtočná rychlost</i>	(8)
ρ	$[kg/m^3]$	<i>hustota vody</i>	(8)
m	$[-]$	počet místních odporů	(8)
P	$[W]$	výkon čerpadla	(9)
H	$[m]$	dopravní průtok	(9)
\dot{V}	$[m^2/s]$	<i>průtočné množství</i>	(9)
η	$[-]$	<i>účinnost čerpadla</i>	(9)
Δp	$[m]$	dopravní tlak	(9)
R	$[-]$	výškový koeficient	(10)
H_1	$[m]$	spád vody do trkače	(10)
h_2	$[m]$	výtlačná výška	(10)
Q_1	$[l/min.]$	celkový přítok vody	(11)
q_2	$[l/min.]$	vytlačené množství vody	(11)



Q_3	[l/min.]	ztrátové množství vody	(12)
K	[–]	dopravní součinitel	(11)
G	[kg]	hmotnost ventilu	(13)
S	[cm ²]	plocha ventilu	(13)
L	[m]	délka přívodního potrubí	(14)
T_z	[s]	čas zavírání ventilu	(14)
σ_{DZ}	[N/mm ²]	dovolené napětí zkušební tlaku	(15)
σ_{DP}	[N/mm ²]	dovolené napětí provozního tlaku	(16)
S_{\square}	[m ²]	obsah čtvercového síla	(17)
S_o	[m]	obsah ekvivaletní válcové nádoby	(17)
D_e	[m]	ekvivaletní průměr nádoby	(17)
s'	[mm]	nejmenší tloušťka stěny	(18)
s'_0	[mm]	<i>základní výpočtová tloušťka</i>	(18)
c	[mm]	přídavek na výrobní nepřesnosti a korozi	(19)
β	[–]	součinitel tvaru dna	(19)
σ_1	[N/mm ²]	normálové napětí	(20)
σ_2	[N/mm ²]	tečné napětí	(20)
σ_D	[N/mm ²]	dovolené napětí válcové nádoby	(21)
Re	[N/mm ²]	mez kluzu oceli S235JR2	(21)
k	[–]	bezpečnost	(21)
p	[MPa]	hydrostatický tlak na dně nádoby	(22)
h	[m]	rozměr výšky nádoby skořepiny	(23)
ρ_1	[m]	poloměr ekvivaletní nádoby	(23)
$F_{v\acute{it}r}$	[N]	Síla od větru	(25)
c_x	[–]	<i>součinitel odporu pro rovnou tenkou desku</i>	(25)
v	[m/s]	rychlost větru	(25)
$F_{x\ vody}$	[N]	síla vytvořená tlakem vody v nádobě ve směru x	(27)
A_T	[mm ²]	plocha opření	(27)
ρ	[kg/m ³]	hustota vzduchu	(28)
h_T	[m]	hloubka k těžišti plochy	(27)
a	[m]	rozměr síla	(28)
b	[m]	rozměr síla	(28)
F_y	[N]	síla vytvořená tlakem vody v nádobě ve směru y	(28)
m_k	[kg]	<i>hmotnost konstrukce</i>	(29)
F_k	[N]	<i>tíha konstrukce [N]</i>	(29)
G_s	[N]	součet tíhy tvořené od vody ve směru y a tíhy konstrukce	(30)
G	[N]	suma tíh na jednu stojinu	(31)
F_x	[N]	zatížení od síly větru na jednu stojinu	(32)
$Q_{(x)}$	[N]	jednotková síla	(33)
p	[MPa]	tlak od vodního sloupce v nádobě	(33)



π	[–]	Ludolfovo číslo	(33)
x	[mm]	proměnná vzdálenost	(33)
$\varphi(x)$	[–]	první derivace natočení podle proměnné vzdálenosti	(34)
$\dot{\varphi}(x)$	[–]	první derivace natočení podle proměnné vzdálenosti	(34)
$\ddot{\varphi}(x)$	[–]	druhá derivace natočení podle proměnné vzdálenosti	(34)
q_0	[N/mm]	jednotkové zatížení	(34)
E^+	[GPa]	upravený Yonguv modul pružnosti	(34)
$\varphi_p(x)$	[–]	partikulární derivace natočení podle proměnné vzdálenosti	(35)
$\dot{\varphi}_p(x)$	[–]	první partikulární derivace natočení podle proměnné vzdálenosti	(36)
$\ddot{\varphi}_p(x)$	[–]	druhá partikulární derivace natočení podle proměnné vzdálenosti	(37)
C_1	[–]	integrační konstanta	(42)
C_2	[–]	integrační konstanta	(42)
$\sigma_r(r)$	[N/mm ²]	radiální napětí v místě $x=r$	(43)
$\varepsilon_r(x)$	[–]	poměrné prodloužení	(44)
ν	[–]	Poissonova konstanta	(50)
r	[mm]	ekvivalentní poloměr výpočtové nádoby	(52)
S_o	[mm ²]	plocha ekvivalentního válce	(53)
S_{\square}	[mm ²]	plocha čtverce	(53)
M_{oI}	[N·m]	celkový ohybový moment v bodě I	(54)
$M_{oI \text{ voda}}$	[N·m]	ohybový moment v bodě I od vody	(55)
σ_I	[N/mm ²]	ohybové napětí v bodě I	(56)
σ_{All}	[N/mm ²]	napětí v bodě All	(57)
$M_{oII \text{ voda}}$	[N·m]	ohybový moment v bodě II tíhy	(58)
$M_{oII \text{ vtr}}$	[N·m]	ohybový moment v bodě II od větru	(59)
l	[m]	výška stojiny (od paty do působíště stojiny)	(59)
M_{oII}	[N·m]	<i>celkový ohybový moment v bodě I</i>	(60)
W_{o1}	[mm ³]	<i>modul pružnosti v ohybu pro průřez 1</i>	(61)
σ_{II}	[N/mm ²]	ohybové napětí v bodě II	(61)
W_{o2}	[mm ³]	<i>modul pružnosti v ohybu ve směru osy z</i>	(61)
$\sigma_{red II}$	[N/mm ²]	reduované napětí v bodě II	(62)
σ_D	[N/mm ²]	<i>dovolení napětí</i>	(63)
Re	[N/mm ²]	<i>modul pružnosti v kluzu namáhaného materiálu</i>	(63)
β	[–]	součinitel beta	(64)
a	[mm]	rozměr svaru	(64)
$\tau_{ }$	[N/mm ²]	<i>smykové napětí koutového svaru rovnoběžného vůči směru namáhání</i>	(65)
A_w	[mm ²]	průřez svaru	(65)
l	[m]	<i>délka svaru</i>	(65)
$\alpha_{\tau }$	[–]	pevnost mat.svaru odpovídá pevnosti zákl. mat.	(65)
i_{min}	[–]	<i>štíhlost</i>	(67)
λ	[–]	porovnávací koeficient	(68)



λ_{mez}	[—]	mezní koeficient	(69)
F_{kr}	[N]	kritická síla při vzpěru	(70)
$J_{min} - I_z$	[mm ⁴]	kvadratický moment U – profilu	(67)
A	[mm ²]	plocha dvou U-profilů	(67)
l_v	[mm]	výpočtová délka	(68)
E	[GPa]	Youngův modul pružnosti	(69)
σ_u	[N/mm ²]	Mez úměrnosti	(69)
σ_k	[N/mm ²]	mez kluzu	(70)
σ_{krl}	[N/mm ²]	kritické napětí	(70)
F_D	[N]	síla dovolený	(70)
M_{kk}	[N/m]	utahovací krouticí moment na klíči	(71)
M_k	[N/m]	moment přenesený ze závitu	(71)
M_{TM}	[N/m]	moment přenesený ze třetí z pod hlavy	(71)
γ	[°]	úhel stoupání	(72)
s	[mm]	stoupání závitu [mm]	(72)
d_2	[mm]	střední průměr závitu	(72)
φ'	[°]	svěrný úhel	(73)
ρ_{TM}	[mm]	střední poloměr matice zkoumané na otláčení	(74)
F_1	[N]	síla na jednom šroubu od celkového momentu	(76)
Q_1	[N]	celková osová síla ve šroubu	(78)
S_3	[mm ²]	obsah jádra šroubu	(83)
d_3	[mm]	vnitřní průměr šroubu	(84)
l_s	[mm]	délka výpočtové části šroubu	(84)
C_s	[N/mm ²]	tuhost šroubu	(85)
C_{lpa}	[N/mm ²]	tuhost náhradní trubky ve spoji	(81)
l_{pa}	[mm]	délka náhradní trubky	(81)
l_{pb}	[mm]	přítěžovací délka náhradní trubky	(82)
C_1	[N/mm ²]	celková tuhost přítěžovaných součástí	(85)
C_2	[N/mm ²]	celková tuhost odlehčovaných součástí	(86)
ψ_1	[°]	úhel přímky přítěžovací součásti	(87)
ψ_2	[°]	úhel přímky přítěžovací součásti	(88)
σ_{Q1}	[N/mm ²]	napětí v tlaku od osově síly	(89)
τ_k	[N/mm ²]	napětí v krutu od utahovacího momentu	(91)
W_{k3}	[mm ³]	modul průřezu v krutu mm ³	(91)
σ_{red}	[N/mm ²]	reduované napětí ve šroubu	(92)



$k_{s\ min}$	[–]	minimální bezpečnost šroubu	(93)
p_z	[Mpa]	otlak v závitu	(94)
d_2	[mm]	střední průměr závitu	(94)
H_1	[mm]	výška stoupání závitu	(94)
z	[–]	počet závitů v matici	(94)
D_2	[mm]	vnější poloměr matice	(95)
D_1	[mm]	vnitřní průměr matice	(95)

13. Seznam použitých informačních zdrojů:

- [1] Zpravodaj Lékařů bez hranic. *Epidemie cholery na Haiti v číslech a obrazech*, Vydavatel: Lékaři bez hranic – Médecins Sans Frontières in Czech Republic, o. p. s, Red. BRINZANIK, Dušan. Praha 2010 [online], [cit. 13-01-2021] Dostupné z: https://www.lekari-bez-hranic.cz/sites/czech/files/msf-cz_zpravodaj_no09.pdf
- [2] Zpravodaj Lékařů bez hranic. *Bez hranic, Ebola*, Vydavatel: Lékaři bez hranic – Médecins Sans Frontières in Czech Republic, o. p. s Red. BRINZANIK Dušan, JANIŠOVÁ Míla, KLZO Martin. Praha 2010 [online], [cit. 13-01-2021] Dostupné z: https://www.lekari-bez-hranic.cz/sites/czech/files/bez-hranic_22_let2014.pdf
- [3] Zpravodaj Lékařů bez hranic. *Bez hranic, Léčit v ruinách.*, Vydavatel: Lékaři bez hranic – Médecins Sans Frontières in Czech Republic, o. p. s, Red. HANIAKOVÁ Tereza, PECHÁČKOVÁ Štěpánka, BENDL Tomáš, PODZIMKOVÁ Diana. Praha 2014 [online]. [cit. 13-01-2021] Dostupné z: https://www.lekari-bez-hranic.cz/sites/master/files/bez_hranic_36_.pdf
- [4] Lekari-bez-hranic. *Bangladéš*. Vydavatel: Lékaři bez hranic – Médecins Sans Frontières in Czech Republic, o. p. s. Praha 2014 [online]. [cit. 13-01-2021] Dostupné z: <https://www.lekari-bez-hranic.cz/oblast/banglades>
- [5] STUDNY VRTY, TOMEK, Erik, 2015-2021[online]. [cit. 14-01-2021] Dostupné z: <https://www.studny-vrty.cz/hledani-vody.htm>
- [6] Lékaři bez hranic, *Voda sanitace-2021* Tvůrce: Lékaři bez hranic – Médecins Sans Frontières in Czech Republic, o. p. s. 8.1.2020 Praha 8 [online]. [cit. 14-01-2021] Dostupné z: <https://www.lekari-bez-hranic.cz/voda-sanitace>
- [7] Asio, *Samočistící filtr*, Tvůrce: ASIO, spol. s r.o. 2011-2021 [online]. [cit. 14-01-2021] Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/as-purain>



- [8] Voda.tzb-info, Samočistící filtr, Tvůrce: Topinfo s.r.o. 2001-2021 [online]. [cit. 14-01-2021]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cistení>
- [9] Asio, Membránová filtrace, Tvůrce: ASIO, spol. s r.o. 2011-2021 [online]. [cit. 15-01-2021]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/52.membranova-filtrace-pro-upravu-pitne-vody>
- [10] Bazenyshop, UV lampa, Tvůrce: PLK s.r.o. 2008-2021 [online]. [cit. 15-01-2021]. Dostupné z: <https://www.bazenyshop.cz/poradna/princip-fungovani-uv-lampy>
- [11] WATEX, Chlor ve vodě, Tvůrce: Chill Production s.r.o. 2020. [online]. [cit. 15-01-2021]. Dostupné z: <https://www.watex.cz/caste-dotazy/chlor-ve-vode/>
- [12] Korenovky, Korenova-cisticka, Tvůrce: Pospolu s kořenovkami 2021 [online]. [cit. 15-01-2021]. Dostupné z: <https://www.korenova-cisticka.cz/o-korenovkach/fungovani/Korenova-cisticka%E2%80%93korenova-cistirna%E2%80%93funkce.html>
- [13] Pesek-plastservis, Zemní pískové filtry. 2021 [online]. [cit. 15-01-2021]. Dostupné z: http://www.pesek-plastservis.cz/piskove_filtry.html
- [14] ASIO. Akumulační nádrž, In: Youtube [online]. 22.02.2016. Kanál uživatele ASIO, spol. s r.o. [cit. 15-01-2021]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=SsvhZO23hEo&t=9s>
- [15] ASIO. Výpočet akumulční nádrže, In: Youtube. [online]. 22.02.2016. Kanál uživatele ASIO, spol. s r.o. [cit. 15-01-2021]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=VRNr-LGj61g&t=2291s>
- [16] BAŠTA, Jiří, Hydraulika a řízení otopných soustav, Praha 2003, Vydavatelství ČVUT Praha. ISBN 80-01-02808-9
- [17] Pumpa. Čerpadlo do vrtu. Tvůrce: PUMPA,a.s. 2004-2021 [online]. [cit. 15-01-2021]. Dostupné z: <https://www.pumpa.cz/cz/1-čerpadlo-do-vrtu>
- [18] Obchod.remont-čerpadla. Poruchy čerpadel. Tvůrce: REMONT ČERPADLA s.r.o. 2021 [online]. [cit. 15-01-2021]. Dostupné z: <https://obchod.remont-čerpadla.cz/clanky/tipy-a-ostranovani-poruch-u-čerpadel-pro-zasobovani-vodou>
- [19] Mve.energetika, Vodní trkač, Glockmannova pumpa [online]. [cit. 15-01-2021]. Dostupné z: <https://mve.energetika.cz/jineturbiny/trkac.htm>
- [20] PUMPA,a.s., Ruční pumpa. Tvůrce: PUMPA,a.s. 2004-2021 [online]. [cit. 15-01-2021]. Dostupné z: <https://www.pumpa.cz/cz/5-rucni-pumpa>



- [21] Voda.tzb-info. *Kvalita vody*. Tvůrce: Topinfo s.r.o. 2001-2021. [online]. [cit. 15-01-2021]. ISSN 1801-4399 Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cistení>
- [22] ASIO. *Rozbor pitné vody*, In: Youtube. [online]. 5.10.2018. Kanál uživatele ASIO, spol. s r.o. [cit. 18-01-2021] Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=2tjjsv3ZNAM&t=85s>
- [23] WATEX. *Mangan a železo ve vodě*, Tvůrce: Chilli Production s.r.o. 2020. [online]. [cit. 18-01-2021] Dostupné z: <https://www.watex.cz/caste-dotazy/ja-si-poradit-s-vodou-se-zelezem-a-manganem/>
- [24] Cistavoda. *Železo a mangan ve vodě*. Tvůrce: Čistávoda.cz 2021. [online]. [cit. 18-01-2021] Dostupné z: <https://www.cistavoda.cz/zelezo-a-mangan-ve-vode/>
- [25] Cistavoda. *Dusitany a dusičnany ve vodě*. Tvůrce: Čistávoda.cz 2021 [online]. [cit. 18-01-2021] Dostupné z: <https://www.cistavoda.cz/blog/dusitany-dusicnany-ve-vode/>
- [26] WATEX. *Upravny dusičnany a dusitany*, Tvůrce: Chilli Production s.r.o. 2020 [online]. [cit. 18-01-2021] Dostupné z: <https://www.watex.cz/caste-dotazy/upravny-dusicnanu-a-dusitanu/>
- [27] Voda-tzb-info. *Koliformní bakterie*. Tvůrce: Topinfo s.r.o. 2001-2021. [online]. [cit. 18-01-2021]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/18103-vyskyt-koliformnich-bakterii-ve-vode-mohou-vznikat-i-rozkladem-listi-ve-studni>
- [28] Euroclean. *Arsen ve vodě*. Tvůrce: Euroclean s.r.o. [online]. [cit. 18-01-2021] Dostupné z: <https://euroclean.cz/problemy-vody/arsen/>
- [29] Vodatest. *Odstranění arsenu a jeho limit. Množství*. Tvůrce: ONLINEANDWEB. [online]. [cit. 18-01-2021] Dostupné z: <https://www.vodatest.cz/odstraneni-arsenu-jak-arsen-ve-vode-skodi-lidskemu-zdravi>
- [30] WATEX. *Sirovodík*. Tvůrce: Chilli Production s.r.o. 2020. [online]. [cit. 18-01-2021] Dostupné z: <https://www.watex.cz/caste-dotazy/sirovodik/>
- [31] Euroclean. *Konduktivita*. Tvůrce: Euroclean s.r.o. [online]. [cit. 19-01-2021] Dostupné z: <https://euroclean.cz/problemy-vody/konduktivita>
- [32] Aqua-shop. *ORP*. Tvůrce: Aqua-shop. 2021. [online]. [cit. 19-01-2021] Dostupné z: <https://www.aqua-shop.cz/co-je-to-orp/>
- [33] Vodaprozdravi. *Orp a zdraví*. Tvůrce: Webczech [online]. [cit. 19-01-2021] Dostupné z: <http://www.vodaprozdravi.eu/page/orp-a-zdravi/31>
- [34] ŠVEC, Vladimír. *Části a mechanismy strojů*. Praha 1991. Ediční středisko ČVUT, Praha 6, Zikova



[35] Řezníček, Jan. *Pružnost pevnost IIA*. Tvůrce: Jan Řezníček, Fakulta strojní ČVUT v Praze 2018,2019. Vystaveno 16. září 2019 Praha. Technická 4, 166 07 Praha 6, [online]. [cit. 19-01-2021]. Dostupné z: http://pruznost.unas.cz/PP_II_priklady.pdf

[36] BOSSARD, *Předpětí a utahovací momenty*. Tvůrce: Bossard, F-cz-2019.05 [online] [cit. 19-01-2021]. Dostupné z: https://media.bossard.com/cz-cs/-/media/bossard-group/website/documents/technical-resources/cz/f_047_cz.pdf

14. Seznam použitých obrázkových zdrojů

[1*] Lekari-bez-hranic.cz. *Koho-potrebujeme-0*, [foto]. Fabio Basone/MSF. Tvůrce: Médecins Sans Frontières in Czech Republic, o.p.s 2021 [online]. [cit. 13-01-2021]. Dostupné z:

<https://www.lekari-bez-hranic.cz/koho-potrebujeme-0>

[2*] Researchgate. *Worldwide MSF programmes*. Tvůrce: ResearchGate GmbH. 2008-2021.[online]. [cit. 13-01-2021].

Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Worldwide-MSF-programmes-in-2016-Source-MSF-International-2017-p-2-3_fig1_324686226

[3*] Msf-me: *Cholera-Ebola-War conflict*. Tvůrce: Medicines sans frontieres- middle east 2014 [online]. [cit. 13-01-2021]. Dostupné z: <https://www.msf-me.org/posters-and-leaflets>

[4*] World Weather & Climate Information, *Precipitation Haiti*. Tvůrce: World Weather & Climate Information 2010-2021 [online]. [cit. 13-01-2021]. Dostupné z: <https://weather-and-climate.com/average-monthly-precipitation-Rainfall,Port-Au-Prince,Haiti>

[5*] World Weather & Climate Information, *Precipitation Congo*. Tvůrce: World Weather & Climate Information 2010-2021 [online]. [cit. 13-01-2021]. Dostupné z: <https://weather-and-climate.com/average-monthly-precipitation-Rainfall,Kisangani,Congo-Kinshasa>

[6*] World Weather & Climate Information, *Precipitation Iraq*. Tvůrce: World Weather & Climate Information 2010-2021 [online]. [cit. 13-01-2021]. Dostupné z: <https://weather-and-climate.com/average-monthly-precipitation-Rainfall,Bagdad,Iraq>

[7*] World Weather & Climate Information, *Precipitation Bangladesh*. Tvůrce: World Weather & Climate Information 2010-2021 [online]. [cit. 13-01-2021]. Dostupné z: <https://weather-and-climate.com/average-monthly-Rainfall-Temperature-Sunshine,Chittagong,Bangladesh>

[8*] Voda.tzb-info. *Okapový filtr*. Tvůrce: Topinfo s.r.o. 2001-2021 [online]. [cit. 14-01-2021]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cistení>



- [9*] Voda.tzb-info. *Samočistící filtr*, Tvůrce: Topinfo s.r.o. 2001-2021 [online]. [cit. 14-01-2021]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/as-purain>
- [10*] Powerplastic: *Membránové filtrační systémy*, Tvůrce: AUTOGRAPH,[online]. [cit. 14-01-2021] Dostupné z: <https://www.powerplastics.cz/uprava-vody-membranova-filtrace/>
- [11*] Vlastníma rukama, *Kořenová čistička*. Tvůrce: Vlastníma rukama 2012 [online] . [cit. 14-01-2021] Dostupné z: <https://www.vlastnimarukama.cz/korenova-cistirna-odpadnich-vod/>
- [12*] Pesek-plastservis, *Zemní pískové filtry*. [online]. [cit. 14-01-2021] Dostupné z: http://www.pesek-plastservis.cz/piskove_filtry.html
- [13*] ASIO, spol. s r.o., *Akumulační nádrž*. Tvůrce: ASIO, spol. s r.o. 2011-2021[online]. [cit. 14-01-2021] Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/as-rewa>
- [14*] GÖTZ, Igor, *Hospodaření s vodou v rodinném domě*. str. 19,. Tvůrce: 2021 ADOC.PUB Olomouc 2014 Bakalářská práce, Vedoucí práce Ing. Jaroslav Váňa, Moravská vysoká škola Olomouc [online]. [cit. 14-01-2021]. Dostupné z: <https://adoc.pub/prohlauji-e-jsem-bakalaskou-praci-vypracoval-samostatn-a-pou.html>
- [15*] BAŠTA, Jiří, *Hydraulika a řízení otopných soustav* str. 35, Praha 2003, Vydavatelství ČVUT Praha.
- [16*] PUMPA,a.s., *Čerpadlo do vrtu*. Tvůrce: PUMPA,a.s 2004-2021 [online]. [cit. 14-01-2021]. Dostupné z: <https://www.pumpa.cz/cz/1-cerpadlo-do-vrtu>
- [17*] Mve.energetika, *Vodní trkač, Glockmannova pumpa* [online]. [cit. 15-01-2021] Dostupné z: <https://mve.energetika.cz/jineturbiny/trkac.htm>
- [18*] PUMPA,a.s., *Ruční pumpa*. Tvůrce: PUMPA,a.s. 2004-2021 [online]. [cit. 15-01-2021] Dostupné z: <https://www.pumpa.cz/cz/5-rucni-pumpa>
- [19*] VERKON, *Papírky indikátorové*. Tvůrce: VERKON s.r.o. 2009-2021[online]. [cit. 15-01-2021] Dostupné z: <https://www.verkon.cz/papirky-indikatorove-detail/>
- [20*] Řezníček, Jan. *Pružnost pevnost IIA*. 16. září 2019 Praha. Technická 4, 166 07 Praha 6, [online]. [cit. 15-01-2021]. Dostupné z: http://pruznost.unas.cz/PP_II_prikklady.pdf



15. Seznam tabulek

Tabulka 1_Rozměry pískové vrstvy	12
Tabulka 2_Materiály střech	14
Tabulka 3_Průměrné roční srážky	14
Tabulka 4_Měsíční dešťové srážky.....	14
Tabulka 5_Výpočet stoku sila pro jednotlivé země.....	15
Tabulka 6_Výpočet stoku bazénku pro jednotlivé země	15
Tabulka 7_Objem akumulční nádrže pro silo.....	16
Tabulka 8_Objem akumulční nádrže pro bazénové stáčení	16
Tabulka 9_Dopravní součinitel K.....	22
Tabulka 10_Vlastnosti materiálu	50
Tabulka 11_rozpočet pro čerpání vody z řeky	56
Tabulka 12_rozpočet pro stáčení a filtraci pomocí bazénku a kořenové čističky.....	57
Tabulka 13_rozpočet pro stáčení do sila.....	57

16. Seznam obrázků

Obrázek 1_Watsan.....	2
Obrázek 2_Působení organizace Lékaři bez hranic.....	2
Obrázek 3_Centrum cholery	3
Obrázek 4_Průměrné srážky Haity.....	4
Obrázek 5_Centrum epidemické polní nemocnice Kongo.....	4
Obrázek 6_Průměrné dešťové srážky Kongo	5
Obrázek 7_Polní nemocnice.....	5
Obrázek 8_Průměrné srážky Irák	6
Obrázek 9_Nemocnice uprchlický tábor Bangladesh	6
Obrázek 10_Průměrné srážky Bangladéš.....	7
Obrázek 11_Schéma čističky vody	8
Obrázek 12_Schéma čerpání srážkové vody s kořenovou filtrací.....	8
Obrázek 13_Schéma dodávky vody polní nemocnice.....	9
Obrázek 14_Svodový okapový filtr	10
Obrázek 15_Samočisticí filtr.....	10
Obrázek 17_Membránová filtrace	11
Obrázek 18_Kořenová čistička	12
Obrázek 19_Pískový filtr.....	12
Obrázek 20_Akumulční nádrž	13
Obrázek 21_Průměrné roční dešťové srážky	14
Obrázek 22_Znázornění závislosti tlaku na průtoku ponorného čerpadla	17
Obrázek 25_Vodní trkač.....	21
Obrázek 26_Glockmannova pumpa.....	23
Obrázek 27_Ruční Pumpa	24
Obrázek 28_Silo 2.....	29
Obrázek 29_Silo 1.....	29
Obrázek 30_3D model sila	30



Obrázek 31_skica sila, zatížení od větru horní část	34
Obrázek 32_skica sila, zatížení tlakem vody	34
Obrázek 33_Momenty stojiny sila	38
Obrázek 34_Kolmý smyk F_x ... voda+vítr	40
Obrázek 36_Umístění šroubů	43
Obrázek 37_Rozměry šroubu Obrázek 38_obecné rozměry šroubu pro výpoče.....	44
Obrázek 42_3D model sila	47
Obrázek 43_Vložka.....	48
Obrázek 44_šroub	48
Obrázek 45_Profil II.....	48
Obrázek 46_stojina	48
Obrázek 47_Profil I.....	49
Obrázek 48_Profil II.....	49
Obrázek 49_Umístění profilů na silu.....	49
Obrázek 50_Umístění zatížení stojiny.....	49
Obrázek 51_Sestavení v sekci Assembly	50
Obrázek 52_Zobrazení sil	51
Obrázek 53_detail silového zatížení	52
Obrázek 54_Neutrální osa namáhání.....	52
Obrázek 55_volba seeds	53
Obrázek 56_Vlastnosti elementů.....	53
Obrázek 57_počáteční poloha	54
Obrázek 61_kritické místo patky.....	55
Obrázek 62_napětí v šroubu	55
Obrázek 67_skica čerpání vody z řeky	56
Obrázek 68_skica stáčení dešťovky.....	57
Obrázek 69_skica stáčení pomocí sila.....	57

17. Seznam příloh

- I. Výkres kótované sestavy svařence sila BP CVUT-S01-V01